



TUGAS AKHIR - TE 145561

SISTEM OTOMASI PENGENDALIAN SUHU AIR KOLAM BUDIDAYA LELE TEBAR PADAT

Lilis Susanti
NRP 2214039007

Dosen Pembimbing
Suwito, ST., MT.
Agus Suhanto, S.Pd.

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - TE 145561

SISTEM OTOMASI PENGENDALIAN SUHU AIR KOLAM BUDIDAYA LELE TEBAR PADAT

Lilis Susanti
NRP 2214039007

Dosen Pembimbing
Suwito,ST.,MT.
Agus Suhanto,S.Pd

PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 145561

AUTOMATION SYSTEM CONTROL OF TEMPERATURE WATER RESERVOIR SOLID SPREAD CATFISH CULTIVATION

Lilis Susanti
NRP 2214039007

Advisor I
Suwito,ST.,MT.
Advisor II
Agus Suhanto,S.Pd

INDUSTRIAL ELECTRONICS STUDY PROGRAM
Electrical and Automation Engineering Departement
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Sistem Otomasi Pengendalian Suhu Air Kolam Budidaya Lele Tebar Padat**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2017



Lilis Susanti
NRP 2214039007

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**SISTEM OTOMASI PENGENDALIAN SUHU AIR KOLAM
BUDIDAYA LELE TEBAR PADAT**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada**

**Program Studi Elektronika Industri
Departemen Teknik Elektro Otomasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Suwito, ST, MT

NIP. 19810105 20050 1 004



Agus Suhanto, S.Pd

NIP. 19650821 198603 1 010

**SURABAYA
JULI, 2017**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

SISTEM OTOMASI PENGENDALIAN SUHU AIR KOLAM BUDIDAYA LELE TEBAR PADAT

Nama Mahasiswa : Lilis Susanti
NRP : 2214 039 007
Dosen Pembimbing 1 : Suwito, ST., MT.
NIP : 19810105 20050 1 004
Dosen Pembimbing 2 : Agus Suhanto.S,pd
NIP : 19650821 198603 1 010

ABSTRAK

Budidaya lele tebar padat merupakan salah satu jenis budidaya lele dengan memanfaatkan media yang relatif sempit dengan menebarkan benih lele yang jumlahnya sangat banyak. Proporsi jumlah ikan terhadap luas kolam yang sangat padat ini, maka memerlukan pengendalian lingkungan yang tepat agar ikan tumbuh dengan normal. Salah satu parameter lingkungan yang penting adalah suhu air kolam, dimana jika suhu air kolam berubah drastis antara 24⁰C – 29⁰C dapat mengakibatkan lele stress hingga mati.

Pada budidaya lele pada umumnya, pengendalian suhu dilakukan dengan menyiram kolam selama 30 menit hingga suhu kembali optimal. Dengan adanya alat ini maka pengendalian dapat berjalan otomatis. Yaitu dengan menggunakan elemen *peltier* sebagai elemen pendingin dan *band heater* sebagai elemen pemanas. Hasil akhir dari alat ini mampu menjaga kondisi suhu tetap optimal yaitu 24⁰C – 29⁰C. *Box* pendingin mampu menurunkan suhu 0,25⁰C/menit dan *heater* mampu menaikkan suhu 2⁰C/menit. Selain itu kondisi suhu dapat dilihat pada LCD yang ada pada *box* panel. Sehingga alat ini mampu menjaga suhu air kolam.

Kata Kunci : Kontrol, Budidaya Lele Tebar Padat, Suhu, Arduino

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

AUTOMATION SYSTEM CONTROL OF TEMPERATURE WATER RESERVOIR SOLID SPREAD CATFISH CULTIVATION

Nama Mahasiswa : Lilis Susanti
NRP : 2214 039 007
Dosen Pembimbing 1 : Suwito, ST., MT.
NIP : 19810105 20050 1 004
Dosen Pembimbing 2 : Agus Suhanto.S.pd
NIP : 19650821 198603 1 010

ABSTRACT

Cultivation of densely populated catfish is one type of catfish cultivation by utilizing a relatively narrow media by scattering a lot of catfish seeds. The proportion amount of fish to this very densely populated pool, it requires proper environmental control in order for the fish to grow normally. One of the important environmental parameters is the temperature of pond water, where if the pool water temperature changed drastically between 24⁰C - 29⁰C can cause catfish stress to death.

In the catfish culture in general, temperature control is done by watering the pond for 30 minutes until the temperature returned optimally. With this tool then the control can run automatically. Namely by using peltier element as cooling element and band heater as heating element. The end result of this tool is able to maintain optimum temperature condition that is 24⁰C - 29⁰C. The cooling box can lower the temperature of 0.25⁰C/min and the heater can raise the temperature 2⁰C / min. In addition the temperature conditions can be seen on the existing LCD on the panel box. So this tool is able to maintain the temperature of the pond water.

***Keywords : Control, Cultivation of Densely Populated Catfish,
Temperature, Arduino***

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga selalu dilimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan umat muslim yang senantiasa meneladani beliau.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma pada Bidang Studi Elektronika Industri, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

SISTEM OTOMASI PENGENDALIAN SUHU AIR KOLAM BUDIDAYA LELE TEBAR PADAT

Dalam Tugas Akhir ini dirancang alat pengontrolan dan monitoring suhu air kolam budidaya lele tebar padat menggunakan elemen *Peltier* sebagai pendingin dan *heater* sebagai pemanas yang dikendalikan mikrokontroler dengan sistem *close loop*.

Dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada :

1. Orang tua atas limpahan do'a, kasih sayang, dukungan dan dorongan baik berupa moril atau materil bagi penulis.
2. Bapak Joko Susila, Ir., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi-ITS Surabaya.
3. Bapak Suwito, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak Agus Suhanto, S.Pd. selaku Dosen Pembimbing.
5. Teman - teman Departemen Teknik Elektro Otomasi Angkatan 2014 yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan.
6. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

| | |
|--|---------------|
| JUDUL | i |
| PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | xi |
| KATA PENGANTAR..... | xiii |
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| DAFTAR TABEL | xix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Metedologi Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sitematika Laporan..... | 4 |
| 1.7 Relevansi | 5 |
| BAB II TEORI PENUNJANG | 7 |
| 2.1 Budidaya Lele Tebar Padat..... | 7 |
| 2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560 | 8 |
| 2.2.1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Mega 2560 | 8 |
| 2.2.2 Konfigurasi <i>Pin Board</i> Arduino Mega 2560..... | 9 |
| 2.3 Sensor DS18B20 | 9 |
| 2.3.1 Spesifikasi Sensor DS18B20 | 10 |
| 2.4 <i>Peltier/TEC (Termoelectric Cooler)</i> | 11 |
| 2.4.1 Bahan <i>Peltier/TEC(Termoelectric Cooler)</i> | 11 |
| 2.4.1 Prinsip Kerja <i>Peltier/TEC(Termoelectric Cooler)</i> | 12 |
| 2.5 <i>Heater</i> (Pemanas) | 13 |
| 2.6 <i>Solid State Relay</i> | 13 |
| 2.7 Arduino IDE | 14 |
| BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT | 17 |
| 3.1 Prinsip Kerja Alat..... | 19 |
| 3.2 Perancangan Perangkat Mekanik..... | 20 |
| 3.2.1 Perancangan Kolam Lele Tebar Padat..... | 20 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.2 Perancangan <i>Box Controller</i> | 21 |
| 3.2.3 Perancangan dan Pembuatan <i>Box Pendingin</i> | 22 |
| 3.2.4 Perancangan Tabung <i>Heater</i> | 23 |
| 3.3 Perancangan Perangkat Elektronik (<i>Hardware</i>) | 24 |
| 3.3.1 Perancangan <i>Shield</i> Mikrokontroler | 25 |
| 3.3.2 Perancangan Rangkaian Sensor DS18B20 | 26 |
| 3.3.3 Perancangan Rangkaian <i>Driver</i> Beban AC | 26 |
| 3.3.4 Perancangan Rangkaian <i>Driver</i> Beban DC | 27 |
| 3.3.5 Perancangan Kebutuhan <i>Peltier</i> | 29 |
| 3.3.6 Perancangan Rangkaian LCD 20x4 | 30 |
| 3.4 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>) | 31 |
| 3.4.1 Perancangan Pembacaan Multisensor DS18B20 | 31 |
| 3.4.2 Perancangan Perancangan Sistem Keseluruhan | 32 |
| BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA | 35 |
| 4.1 Pengujian <i>Input/Output</i> Arduino Mega 2560 | 35 |
| 4.2 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Beban DC | 37 |
| 4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu DS18B20 | 40 |
| 4.3.1 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air | 41 |
| 4.3.2 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air Hangat | 42 |
| 4.3.3 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air Dingin | 43 |
| 4.4 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Beban AC | 44 |
| 4.5 Pengujian <i>Box Pendingin</i> | 45 |
| 4.6 Pengujian Tabung <i>Heater</i> | 47 |
| 4.7 Pengujian Sistem Keseluruhan | 48 |
| BAB V PENUTUP | 49 |
| 5.1 Kesimpulan | 49 |
| 5.2 Saran | 49 |
| DAFTAR PUSTAKA | 51 |
| LAMPIRAN 1 <i>Listing Program</i> | A-1 |
| LAMPIRAN 2 <i>Datasheet</i> | B-1 |
| LAMPIRAN 3 Dokumentasi | C-1 |
| RIWAYAT HIDUP PENULIS | D-1 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Budidaya Lele Tebar Padat | 7 |
| Gambar 2.2 | Arduino Mega 2560 | 8 |
| Gambar 2.3 | Pin Konfigurasi DS18B20 | 10 |
| Gambar 2.4 | Elemen <i>Peltier</i> | 11 |
| Gambar 2.5 | Struktur Elemen <i>Peltier</i> | 12 |
| Gambar 2.6 | Elemen <i>Heater</i> | 13 |
| Gambar 2.7 | Tampilan Arduino IDE | 15 |
| Gambar 3.1 | <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian | 17 |
| Gambar 3.2 | Diagram Blok Pengendalian Suhu Air Kolam | 18 |
| Gambar 3.3 | Diagram Fungsional dari Prinsip Kerja Alat..... | 20 |
| Gambar 3.4 | Desain Kolam Lele | 21 |
| Gambar 3.5 | <i>Box Controller</i> | 22 |
| Gambar 3.6 | <i>Box</i> Pendingin..... | 23 |
| Gambar 3.7 | Tabung <i>Heater</i> | 23 |
| Gambar 3.8 | Pin Konfigurasi ATmega 2560 | 25 |
| Gambar 3.9 | Rangkaian Multisensor DS18B20..... | 26 |
| Gambar 3.10 | Rangkaian <i>Driver</i> Beban AC | 27 |
| Gambar 3.11 | Rangkaian <i>Driver</i> Beban DC | 28 |
| Gambar 3.12 | Rangkaian LCD 20x4 | 30 |
| Gambar 3.13 | <i>Flowchart</i> Pembacaan Sensor..... | 31 |
| Gambar 3.14 | <i>Listing</i> Program Pembacaan Sensor DS18B20 | 32 |
| Gambar 3.15 | <i>Flowchart</i> Kontrol Pendingin | 33 |

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR TABEL

| | | |
|-------------------|---|----|
| Tabel 4.1 | Hasil Pengukuran per <i>Pin</i> saat <i>Active High</i> | 35 |
| Tabel 4.2 | Hasil Pengukuran per <i>Pin</i> saat <i>Active Low</i> | 36 |
| Tabel 4.3 | Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> DC dengan Beban 2 Buah TEC 12706(<i>Peltier 1</i>) yang Dirangkai Seri..... | 38 |
| Tabel 4.4 | Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> DC dengan Beban 2 Buah TEC 12706(<i>Peltier 2</i>) yang Dirangkai Seri..... | 38 |
| Tabel 4.5 | Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> DC dengan Beban 2 Buah DC <i>Fan</i> 12V yang Dirangkai Seri..... | 39 |
| Tabel 4.6 | Kalibrasi Sensor DS18B20..... | 41 |
| Tabel 4.7 | Kalibrasi Ulang Sensor DS18B20..... | 41 |
| Tabel 4.8 | Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air..... | 41 |
| Tabel 4.9 | Pengujian Respon Sensor DS18B20 Air Hangat | 42 |
| Tabel 4.10 | Pengujian Respon Sensor DS18B20 Air Dingin..... | 43 |
| Tabel 4.11 | Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> DC..... | 45 |
| Tabel 4.12 | Pengujian Respon Suhu Air dalam <i>Box</i> Pendingin..... | 46 |
| Tabel 4.13 | Pengujian Respon Suhu Air dalam Tabung <i>Heater</i> | 47 |
| Tabel 4.14 | Pengujian Sistem | 48 |

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha budidaya ikan air tawar semakin hari semakin menggiurkan. Salah satunya adalah budidaya ikan lele. Ikan lele merupakan salah satu hasil perikanan budidaya yang menempati urutan teratas dalam jumlah produksi yang dihasilkan. Selama ini ikan lele menyumbang lebih dari 10 persen produksi perikanan budidaya nasional dengan tingkat pertumbuhan mencapai 17 hingga 18 persen. Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP), menetapkan ikan lele sebagai salah satu komoditas budidaya ikan air tawar unggulan di Indonesia. Perkembangan produksi ikan lele selama lima tahun terakhir menunjukkan hasil yang sangat signifikan yaitu sebesar 21,82 persen per tahun. Kenaikan rata-ratanya setiap tahun sebesar 29,66 persen (Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya 2010).

Kenaikan produksi budidaya lele semakin meningkat setiap tahun, hal ini dibuktikan dengan banyaknya masyarakat yang mengembangkan usaha budidaya lele. Salah satu usaha pengembangannya yaitu dengan menerapkan sistem budidaya lele tebar padat. Budidaya lele tebar padat adalah salah satu jenis budidaya lele dengan memanfaatkan media yang relatif sempit dengan menebarkan benih lele yang jumlahnya sangat banyak.

Air merupakan faktor utama dalam kehidupan ikan. Dalam pemeliharaan ikan, diperlukan pengontrolan yang baik terhadap beberapa parameter seperti suhu air, tingkat salinitas, kecerahan air, viskositas dan parameter-parameter lain yang dapat mempengaruhi tingkat perkembangan biota ikan. Salah satu parameter yang penting adalah suhu air kolam. Suhu air dapat mempengaruhi diantaranya tingkat viskositas dalam air, mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut dalam air, mempengaruhi konsumsi oksigen hewan air, mempengaruhi distribusi mineral air. Pada kolam budidaya lele tebar padat, nilai toleransi suhu untuk pemeliharaan yang baik adalah berkisar 24⁰C hingga 29⁰C. Suhu air yang terlalu tinggi dapat meningkatkan stress pada ikan. Sementara suhu yang terlalu rendah dapat mempengaruhi kemampuan organisme dalam mengikat oksigen sehingga menghambat pertumbuhan. Pada kondisi kolam dengan padat tebar yang tinggi, kualitas air kolam menjadi semakin buruk. Kandungan ammonia hasil metabolisme yang meningkat cenderung menyebabkan gangguan yang

bersifat fisiologis dan memicu stress pada ikan [1]. Stress pada ikan mengakibatkan turunnya daya tahan tubuh dan menurunnya nafsu makan sampai mengakibatkan terjadinya kematian [2]. Pada budidaya lele tebar padat, kondisi suhu akan lebih sulit dikontrol karena jumlah ikan dalam satu kolam sangat banyak dan waktu pengontrolan harus dilakukan secara kontinu. Hal ini akan kurang efisien jika pembudidaya harus mengukur secara manual suhu air kolam satu per satu. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengontrolan suhu air yang baik sehingga nilai jual produk yang mencakup nilai secara kuantitas maupun kualitas lele dapat meningkat dan terpenuhi.

Sistem yang akan dirancang menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pusat kendali. Suhu air kolam diukur menggunakan sensor suhu DS18B20 dan hasilnya ditampilkan di LCD. Sistem ini diharapkan mampu mendeteksi perubahan suhu air kolam serta melakukan pengontrolan melalui *Heating System* dan *Cooling System*. Sistem pemanas air menggunakan *Heater* listrik dan sistem pendinginan air menggunakan elemen *Peltier* yang keduanya dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan sinyal balikan dari sensor suhu. Dalam sistem ini juga untuk mengatur pergantian air berdasarkan monitoring suhu yang dilakukan. Dengan adanya alat ini diharapkan dapat meringankan dan mengefisienkan kinerja pembudidaya lele untuk meningkatkan hasil panen lele baik secara kualitas maupun kuantitas.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya :

1. Ketidaksesuaian suhu pada air kolam akibat perubahan lingkungan akan menyebabkan pertumbuhan ikan lele tidak optimal.
2. Perbedaan suhu air yang tidak merata dalam kolam budidaya lele tebar padat

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan buku Tugas Akhir ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang semula direncanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut.

1. Nilai yang dikontrol oleh mikrokontroler adalah nilai rata-rata suhu air pada sisi-sisi kolam budidaya lele tebar padat.

2. Kolam lele yang dikontrol adalah kolam bundar dengan diameter 100 cm dan tinggi 80 cm.
3. Jenis lele yang ditebarkan pada kolam adalah ikan lele mutiara, berukuran 2 sampai 5 dengan jumlah 500 ekor lele/kolam.
4. Sensor yang dipakai adalah 3 buah sensor suhu DS18B20 yang diletakkan pada sisi-sisi kolam bundar lele tebar padat.

1.4 Tujuan

Tujuan kami membuat Tugas Akhir ini adalah mengontrol perbedaan suhu tiap titik kolam agar sama, mempermudah dan mengefisienkan kinerja pembudidaya lele dalam melakukan pemantauan dan pengontrolan suhu air kolam budidaya lele tebar padat. Dengan adanya pemantauan yang baik ini, diharapkan kualitas nilai jual produk yang mencakup nilai secara kuantitas maupun kualitas lele dapat meningkat dan terpenuhi.

1.5 Metodologi Penelitian

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini diperlukan suatu metodologi untuk mendapatkan hasil yang maksimal, diantaranya adalah :

- Studi Literatur

Pada pembuatan Tugas Akhir, studi literatur digunakan untuk mendapatkan parameter perancangan dan pengujian sistem agar diperoleh hasil yang maksimal dalam proses perancangan dan pengujian sistem. Literatur didapatkan dari buku, bahan ajar kuliah, jurnal, makalah, maupun internet. Beberapa literatur yang diperlukan dalam pembuatan tugas akhir ini diantaranya yaitu mengenai budidaya lele tebar padat, sensor DS18B20, elemen *Peltier*, Mikrokontroler Arduino Mega 2560, kontroler *driver* DC, kontroler *driver* AC, elemen *heater*, LCD, pemrograman dengan Arduino IDE.

- Perancangan Sistem

Sistem pengontrolan suhu kolam lele tebar padat ini menggunakan sensor DS18B20 sebagai data input dari kontroler yang kemudian ditampilkan di LCD. *Driver* pemanas *heater* menggunakan suatu rangkaian pengontrol AC *Solid State Relay*. *Driver* AC ini juga digunakan untuk mengontrol pompa AC dengan kontrol *on-off*. Untuk mengatur kerja elemen *Peltier* menggunakan *driver* DC.

- **Pengujian dan Integrasi Sistem**

Pada tahap ini dilakukan pengujian masing-masing *hardware* dan *software* secara parsial, seperti pengujian sensor DS18B20, *driver* AC, *driver* DC, pengujian mekanik, program mengakses sensor DS18B20, program untuk mengontrol *driver* AC, program untuk *driver* DC hingga menampilkan hasil program pada layar LCD. Setelah pengujian parsial selesai maka dilakukan pengujian keseluruhan sistem yang telah saling terintegrasi. Pada tahapan ini juga dilakukan pengambilan data yang dibutuhkan untuk penyusunan laporan tugas akhir. Data percobaan yang telah diperoleh selanjutnya akan dianalisis. Dari hasil analisis, akan ditarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

1.6 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang pembuatan, permasalahan, tujuan, batasan masalah yang dikerjakan, metodologi pengerjaan, sistematika tugas akhir dan relevansi.

Bab II : Teori Penunjang

Bab ini membahas teori-teori penunjang yang akan dijadikan landasan dalam pengerjaan tugas akhir.

Bab III : Perancangan dan Pembuatan Alat

Bab ini membahas tahap perancangan dan proses pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dari tugas akhir.

Bab IV : Pengujian dan Analisa Data

Bab ini membahas pengujian sistem yang meliputi perangkat keras, perangkat lunak, dan performa sistem. Pada bab ini juga disertakan suatu analisa dari hasil pengujian sistem.

Bab V : Penutup

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan pengerjaan tugas akhir dan saran untuk memperbaiki kelemahan sistem yang telah dibuat demi pengembangan dan penyempurnaan pada waktu mendatang.

1.7 Relevansi

Diharapkan dengan Tugas Akhir ini dapat membantu meringankan dan mengefisienkan kinerja pembudidaya lele tebar padat. Selain itu, kualitas suhu air yang baik, mampu meningkatkan metabolisme ikan sehingga dapat meningkatkan hasil panen dan nilai jual produk yang mencakup nilai secara kuantitas maupun kualitas lele terpenuhi. Dalam industri budidaya ikan yang besar, alat ini mampu meningkatkan keuntungan yang besar karena kebutuhan tenaga kerja relatif sedikit.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini membahas tentang teori penunjang dari peralatan-peralatan yang digunakan dalam pembuatan alat sistem otomatisasi dan monitoring pengendalian suhu air kolam lele tebar padat.

2.1 Budidaya Lele Tebar Padat [3]

Ikan lele merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya yang memiliki peluang besar yang dikembangkan untuk pemenuhan gizi masyarakat. Budidaya ikan lele dapat menghasilkan penghasilan yang besar, karena saat ini lele sangat digemari oleh masyarakat dan harganya terjangkau oleh semua kalangan. Salah satu metode dalam budidaya lele adalah tebar padat, yaitu beternak lele dengan memanfaatkan media yang relatif sempit dengan menebarkan benih lele dalam jumlah yang sangat banyak. Metode ini dapat dilakukan diperkotaan, karena dapat memangkas biaya distribusi dari penjual ke pembeli, kondisi lele masih segar dan tidak memerlukan tempat yang luas. Dalam budidaya lele sistem tebar padat ini ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya yaitu pengelolaan kualitas air, pemberian pakan yang tepat, persiapan kolam yang baik, pemilihan bibit unggul, penyortiran tepat waktu dan pengendalian hama penyakit. Pada budidaya lele sistem tebar padat dapat menampung lele 1000 sampai 3000 ekor/m³. Budidaya lele tebar padat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Budidaya Lele Tebar Padat

Kualitas air merupakan salah satu faktor utama dalam kehidupan ikan, dimana diperlukan pengontrolan yang baik terhadap beberapa parameter seperti suhu air, tingkat keasaman (pH), kadar oksigen terlarut (DO) dan parameter-parameter lain yang dapat mempengaruhi tingkat

perkembangan biota ikan [4]. Meski budidaya lele dengan metode tebar padat sangat efisien, metode ini memiliki beberapa tantangan dalam perawatannya, salah satunya yaitu pengkondisian suhu air kolam. Nilai toleransi suhu untuk pemeliharaan yang baik adalah berkisar 24°C sampai 29°C.

2.2 Mikrokontroler Arduino Mega 2560 [5]

Arduino Mega 2560 adalah *board* arduino yang merupakan perbaikan dari *board* arduino Mega sebelumnya. Arduino Mega awalnya memakai *chip* ATmega1280 dan kemudian diganti dengan *chip* ATmega2560, oleh karena itu namanya diganti menjadi arduino Mega 2560. Tampilan *board* arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

2.2.1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Spesifikasi *board* arduino uno R3 adalah sebagai berikut :

- | | |
|---------------------------------------|---|
| a. <i>Microcontroller</i> | : ATmega 2560 |
| b. <i>Operating Voltage</i> | : 5V |
| c. <i>Input Voltage (recommended)</i> | : 7-12V |
| d. <i>Input Voltage (limits)</i> | : 6-20V |
| e. <i>Digital I/O Pins</i> | : 54 (of which 14 provide PWM output) |
| f. <i>Analog Input Pins</i> | : 16 |
| g. <i>DC Current per I/O Pin</i> | : 20 mA |
| h. <i>DC Current for 3.3 V Pin</i> | : 50mA |
| i. <i>Flash Memory</i> | : 256 KB of which 8 KB used by Bootloader |
| j. <i>SRAM</i> | : 8 KB |
| k. <i>EEPROM</i> | : 4 KB |
| l. <i>Clock Speed</i> | : 16 MHz |
| m. <i>Length</i> | : 101.52 mm |

- n. *Width* : 53.3 mm
- o. *Weight* : 37 g

2.2.2 Konfigurasi *Pin Board* Arduino Mega 2560

Berikut ini adalah konfigurasi *pin* yang memiliki fungsi tertentu pada *board* Arduino.:

- a. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1:19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17(RX) dan 16 (TX); Serial 3:15 (RX) dan 14 (TX).RX digunakan untuk menerima dan TX digunakan untuk mengirim data TTL serial. *Pin* 0 dan 1 ini terhubung dengan *pin* yang sesuai dari *chip* *ATMega8U2 USB-to-Serial* TTL.
- b. Eksternal Interupsi : 2 (*interrupt* 0), 3 (*interrupt* 1), 18 (*interrupt* 5), 19 (*interrupt* 4), 20 (*interrupt* 3) dan 21 (*interrupt* 2). *Pin* ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attachInterrupt()* fungsi untuk rincian.
- c. PWM : 0 sampai 13. Menyediakan 8-bit *output* PWM dengan *analogWrite()* fungsi.
- d. SPI : 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). *Pin* ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *library* SPI.
- e. LED : 13. Ada built-in LED terhubung ke *pin* digital 13. Ketika *pin* bernilai *HIGH* maka LED menyala dan ketika *pin* bernilai *LOW* maka LED mati.

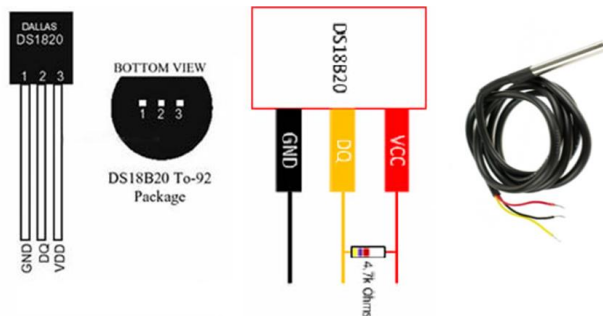
Arduino Mega 2560 memiliki 16 *input* analog yang menyediakan 10-bit resolusi (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default sistem mengukur dari *ground* sampai 5 volt, meskipun mungkin untuk mengubah ujung atas rentang menggunakan *pin* AREF dan fungsi *analogReference()*. Selain itu, beberapa *pin* memiliki fungsi khusus :

- a. I2C : 20 (SDA) dan 21 SCL. Mendukung komunikasi TW1.
- b. AREF : Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- c. RESET : jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambah tombol *reset* shield yang menghalangi papa utama Arduino.

2.3 Sensor DS18B20 [6]

Sensor suhu DS18B20 merupakan suatu komponen elektronik yang data menangkap perubahan temperatur lingkungan kemudian

mengubahnya menjadi besaran listrik. Sensor DS18B20 memiliki keakuratan yang tinggi dan kemudahan perancangan dibandingkan dengan sensor suhu lainnya. Sensor ini merupakan sensor digital yang menggunakan 1 *wire* untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. Keunikan dari sensor ini adalah tiap sensor memiliki kode serial yang memungkinkan untuk penggunaan DS18B20 lebih dari satu dalam komunikasi 1 *wire*. DS18B20 adalah sensor temperatur yang paling banyak digunakan, karena selain harganya yang terjangkau, linearitasnya dan tingkat kepresisiannya bagus. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor diluar ruangan/pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Untuk melihat *pin* konfigurasi DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Pin* Konfigurasi DS18B20

2.3.1 Spesifikasi Sensor DS18B20 [7]

Spesifikasi dari sensor DS18B20 adalah sebagai berikut :

- Antarmuka 1-Wire hanya membutuhkan 1 *pin* I/O untuk berkomunikasi data.
- Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain satu buah *pull-up* resistor, artinya hanya menambahkan sebuah resistor yang tersambung dari *pin* data ke *pin* VCC sensor suhu DS18B20.
- Bekerja pada kisaran tegangan 3 sampai 5.5 V
- Dapat mengukur suhu antara -55°C sampai +125 °C (-67 °F sampai +257 °F).
- Memiliki akurasi ± 0.5 °C pada -10 °C s/d +85 °C.
- Resolusi antara 9 sampai 12-bit.
- Kecepatan mengkonversi suhu maksimal 750 ms.

- h. Setiap device DS18B20 memiliki penyimpanan kode serial yang unik sebesar 64 bit *On-Board ROM*.

2.4 Peltier/ TEC (*Thermoelectric Cooler*) [8]

Elemen peltier atau pendingin thermoelektrik (*Thermoelectric cooler*) adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya (dalam hal ini semikonduktor).

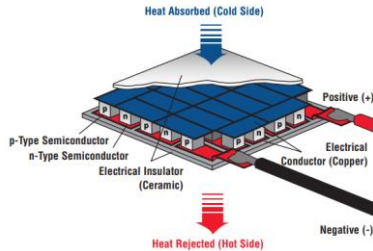
Umumnya modul termoelektrik ini berukuran 40mmx40mm atau lebih kecil dan memiliki tebal kurang lebih 4 mm. Umur dari sebuah modul termoelektrik yang sesuai dengan standar industri adalah sekitar 100.000- 200.000 jam dan lebih dari 20 tahun jika digunakan sebagai pendingin dan dengan jumlah serta tegangan yang sesuai karakteristik dari setiap modulnya. Modul elemen *peltier* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Elemen *Peltier*

2.4.1 Bahan *Peltier*/ TEC (*Thermoelectric Cooler*)

Bahan semikonduktor *Thermo-Electric Cooler* yang paling sering digunakan saat ini adalah *Bismuth Telluride* (Bi_2Te_3). *Thermo-Electric* dibangun oleh dua buah semikonduktor yang berbeda (tipe-p dan tipe-n) yang dihubungkan secara seri. Pada setiap sambungan antara dua tipe semikonduktor tersebut dihubungkan dengan konduktor yang terbuat dari tembaga. Interkoneksi konduktor tersebut diletakkan masing-masing dibagian atas dan di bagian bawah semikonduktor. Konduktor bagian atas ditujukan untuk membuang kalor dan konduktor bagian bawah ditujukan untuk menyerap kalor. Pada kedua bagian interkoneksi ditempelkan pelat yang terbuat dari keramik. Pelat ini bertujuan untuk memusatkan kalor yang berasal dari konduktor. Struktur dari elemen *peltier* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Elemen *Peltier*

2.4.2 Prinsip Kerja *Peltier*/ TEC (*Thermoelectric Cooler*) [9]

Prinsip kerja dari elemen *peltier* yaitu ketika arus DC dialirkan ke elemen *peltier* yang terdiri dari beberapa pasang sel semikonduktor tipe-p (semikonduktor yang memiliki tingkat konduktivitas yang lebih rendah) dan tipe-n (semikonduktor yang memiliki tingkat konduktivitas yang lebih tinggi), akan mengakibatkan salah satu sisi elemen *peltier* menjadi dingin (kalor diserap) dan sisi lainnya menjadi panas (kalor dilepaskan).

Dalam menganalisa kinerja modul termoelektrik dapat diamati bahwa perpindahan panas yang terjadi dari beban kalor menuju sisi dingin modul termoelektrik dapat diketahui dari jumlah kalor yang dipompa oleh efek *Peltier*, panas yang berpindah dari sisi panas ke sisi dingin karena konduktivitas termal material termoelektrik, dan sebagian dari total efek *Joule heating* yang ditimbulkan oleh arus listrik terhadap tahanan termal.

Kalor yang dipompa oleh efek *peltier*

$$q_p = \alpha \cdot T_C \cdot I$$

Dimana :

q_p = Kalor yang dipompa oleh efek *Peltier* (W)

α = Koefisien Seebeck (V/K)

T_C = Temperatur sisi dingin (K)

I = Arus listrik yang diberikan pada termoelektrik (A)

Sebuah *Thermo-Electric Cooler* akan menghasilkan perbedaan temperatur maksimal 70°C antara sisi panas dan sisi dinginnya. Apabila *Thermo-Electric Cooler* semakin panas maka akan semakin kurang efisiensinya. *Thermo-Electric Cooler* mempunyai efisiensi sekitar 10%-15%, sementara efisiensi model konvensional antara 40% - 60%.

2.5 Heater (Pemanas) [10]

Heater adalah suatu alat yang digunakan untuk memancarkan panas atau suatu alat yang digunakan untuk mencapai temperatur yang lebih tinggi. Didalam istilah elektronika, *heater* adalah kumpulan dari kawat serabut yang terdapat didalam ruang hampa udara yang berfungsi untuk memanaskan katoda didalam suatu termisi emisi elektron. *Heater* yang digunakan adalah jenis *band heater* yang memiliki daya 100 W. *Heater* ini merupakan elemen pemanas yang terbuat dari kumparan (gulungan) kawat/pita bertahanan listrik tinggi (niklin) yang dilapisi oleh isolator tahan panas (mica) dan pada bagian luar dilapisi dengan plat *stainless steel* kemudian dibentuk menjadi lempengan *heater* berbentuk *stripe*. Bentuk *stripe* ini akan dibulatkan dengan mesin roll sehingga menjadi bentuk sabuk yang diameternya disesuaikan dengan kebutuhan. Pada Gambar 2.6 ditunjukkan bagian dari elemen *heater*.



Gambar 2.6 Elemen *Heater*

2.6 Solid State Relay [11]

Solid State Relay merupakan relai yang tidak memiliki kumparan dan kontak sesungguhnya. *Solid state relay* ini dibangun dengan isolator MOC untuk memisahkan bagian input dan bagian saklar. Pada *solid state relay* digunakan TRIAC sebagai *switching* unitnya, sehingga *solid state relay* ini menghasilkan arus baik positif maupun negatif. Untuk mengontrol TRIAC digunakan SCR yang mempunyai karakteristik *gate* sensitif. Untuk mengatur *trigger* SCR diatur dengan menggunakan rangkaian transistor, yang mana juga menjadi penguat level tegangan dari optocoupler.

Solid state relay ini dikenal sebagai opto-triac, karena kontruksi dalamnya menggunakan gabungan antara triac dengan optocoupler sebagai komponen utama rangkaian pemicunya. *Solid state relay*

digunakan sebagai perantara antara rangkaian kontrol tegangan rendah dengan tegangan jala-jala AC yang lebih tinggi.

Adapun beberapa keuntungan penggunaan *solid state relay* diantaranya yaitu [12]:

1. Pada *solid state relay* tidak terdapat bagian yang bergerak seperti halnya relay, sehingga tidak mungkin terjadi *no contact* karena kontaktor tertutup debu bahkan karat.
2. Tidak terdapat *bounce* pada saat kontaktor berubah keadaan.
3. Proses perpindahan dari kondisi *off* ke kondisi *on* atau sebaliknya sangat cepat, kurang lebih membutuhkan waktu 10 μ s.
4. Lebih tahan terhadap getaran dan guncangan.
5. Tidak banyak menimbulkan interferensi elektromagnetis.

Dibalik keuntungan tersebut terdapat kerugian penggunaan *solid state relay* yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaannya, diantaranya yaitu [10] :

1. Terdapat resistansi tegangan transien, dimana tegangan yang dikontrol oleh *solid state relay* tidak murni tegangan sinus melainkan terdapat *spike-spike* yang dihasilkan oleh peralatan listrik.
2. Tegangan drop kira-kira sebesar 1 Volt yang menyebabkan adanya disipasi daya.
3. Terdapat arus bocor sekitar 10mA.
4. Sulit diaplikasikan pada aplikasi multi fasa.

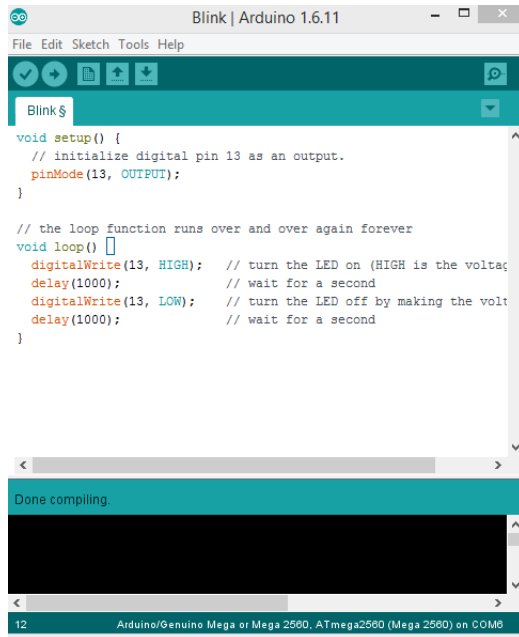
2.7 Arduino IDE [13]

Arduino Mega 2560 dapat di program dengan menggunakan perangkat lunak Arduino. Pada ATmega 2560 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru sehingga tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*. Arduino IDE adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java.

Arduino IDE terdiri atas :

- a. Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*. *Listing* program pada Arduino disebut *sketch*.
- b. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah bahasa *processing* (kode program) menjadi kode biner.
- c. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* didalam papan Arduino.

Struktur perintah Arduino secara garis besar terdiri dari dua bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang dieksekusi hanya satu kali sejak Arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama Arduino dinyalakan. Adapun tampilan dari Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.7.



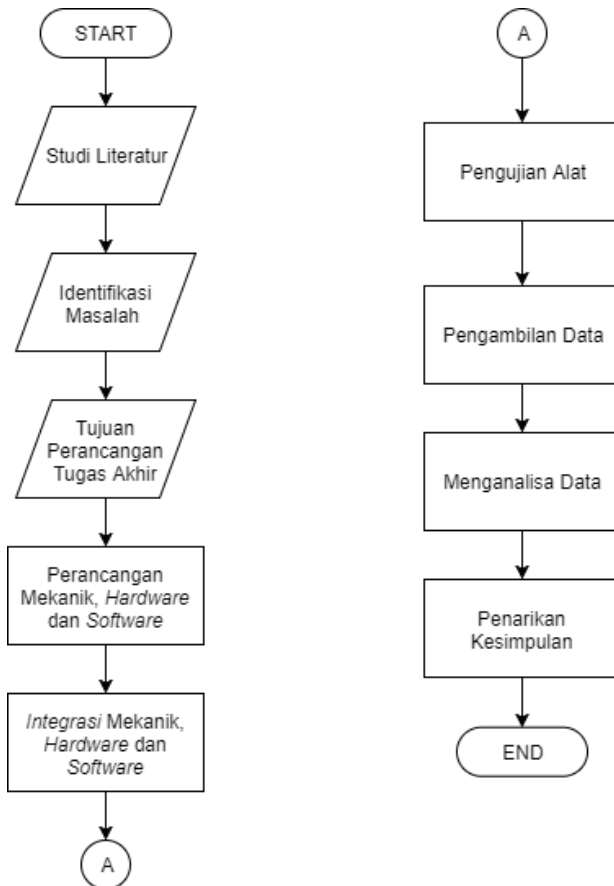
Gambar 2.7 Tampilan Arduino IDE

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

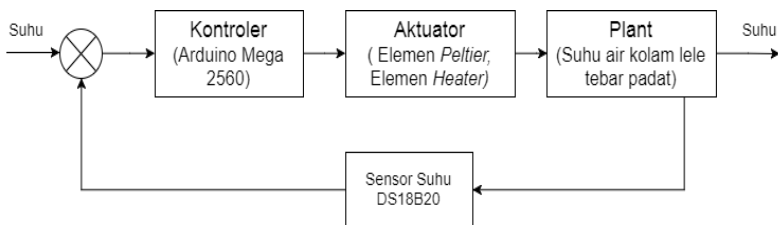
Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan penulis dalam pembuatan dan perancangan alat. Dalam perancangan sistem otomasi pengendalian suhu air kolam lele budidaya tebar padat ini, metodologi yang digunakan dapat dijelaskan pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 dapat dijelaskan *flowchart* metodologi penelitian adalah melalui tahap-tahap sebagai berikut. Tahapan pertama adalah melakukan studi literatur untuk merancang sistem yang dibutuhkan, dimana studi literatur yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini adalah pengaruh suhu air kolam pada kondisi lingkungan yang tidak menentu terhadap pertumbuhan lele dan cara pengendalian suhu air kolam yang efektif dan efisien. Tahapan selanjutnya adalah mengidentifikasi permasalahan yang ada yaitu pengendalian suhu air kolam yang masih dilakukan secara manual dengan mengunjungi kolam satu per satu. Sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama untuk budidaya lele yang berskala besar. Selain itu, apabila pengontrolan tidak dilakukan secara kontinu akan menyebabkan pertumbuhan lele terhambat. Langkah selanjutnya adalah mengambil tujuan dari permasalahan yang ada dalam sistem otomasi pengendalian suhu air kolam lele tebar padat ini, yaitu membuat sistem otomasi pengendalian suhu air kolam untuk mempermudah dan mengefisiensikan kinerja pembudidaya. Kemudian dilakukan perancangan dan pembuatan mekanik, *hardware* dan *software*. Setelah rancangan beserta desain mekanik, *hardware* dan *software* selesai, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan mekanik, *hardware* dan *software*. Apabila sistem sudah sesuai, maka dapat dilakukan pengambilan data. Pengambilan data yang dilakukan adalah pengukuran suhu air kolam, pengukuran laju pendinginan, pengukuran laju penghangatan dan pengukuran sistem keseluruhan. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisa. Analisa data akan menjadi acuan untuk menarik kesimpulan terhadap kinerja sistem otomasi pengendalian suhu air kolam budidaya lele tebar padat. Tahapan terakhir adalah penyusunan laporan dari hasil penelitian yang telah dibuat.

Berikut adalah diagram blok pada alat sistem otomasi pengendalian suhu air kolam budidaya lele tebar padat.



Gambar 3.2 Diagram Blok Pengendalian Suhu Air Kolam

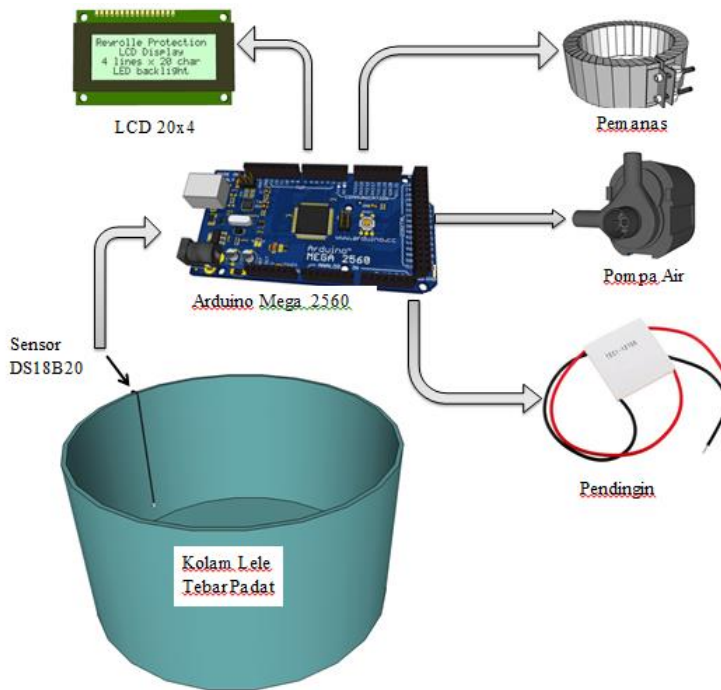
Pada Gambar 3.2 digambarkan mengenai sistem kerja pengendalian suhu air kolam yang bertujuan untuk mengkondisikan suhu air kolam agar sesuai dengan suhu optimal pertumbuhan lele.

Perancangan diawali dengan penjelasan mengenai prinsip kerja alat melalui *block* fungsional sistem secara keseluruhan, kemudian perancangan perangkat keras dan diakhiri perencanaan perangkat lunak. Adapun perancangan perangkat keras dilakukan pada perancangan mekanik dan elektronik. Detail mengenai pembahasan perancangan alat akan dibahas pada beberapa sub bab berikut.

3.1 Prinsip Kerja Alat

Secara umum rancangan alat pada tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.3. Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa sensor suhu DS18B20 akan mengukur kondisi suhu air kolam budidaya lele tebar padat. Sensor tersebut dikoneksikan dengan mikrokontroler. Mikrokontroler ini bertindak sebagai master yang membaca dan mengontrol nilai keluaran sensor. Ketika sensor DS18B20 mengukur suhu yang tidak sesuai dengan suhu yang diinginkan, maka mikrokontroler akan memberikan perintah untuk menjalankan atau mematikan aktuator.

Suhu yang diinginkan untuk pertumbuhan optimal lele adalah 24°C sampai 29°C. Suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan aktivitas gerak dan nafsu makan ikan mulai menurun sehingga lebih rentan terserang penyakit hingga menyebabkan kematian, sedangkan suhu yang terlalu tinggi menyebabkan ikan mengalami stress dan kesulitan nafas karena konsumsi oksigen meningkat. Apabila suhu yang terdeteksi pada sensor bernilai >29°C maka elemen peltier dan DC *fan* akan menyala. Apabila suhu yang terdeteksi pada sensor bernilai <24°C maka *heater* akan menyala hingga didapatkan suhu yang sesuai.



Gambar 3.3 Diagram Fungsional dari Prinsip Kerja Alat

Setiap data pembacaan dari sensor dan kondisi aktuator akan di kirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler juga berfungsi untuk menampilkan nilai suhu air kolam lele tebar padat yang didapat dari sensor ke LCD.

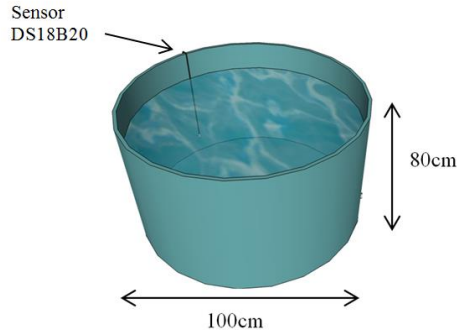
3.2 Perancangan Perangkat Mekanik

Perancangan mekanik pada Tugas Akhir ini diantaranya adalah perancangan kolam lele tebar padat, perancangan *box controller*, perancangan *box pendingin* dan perancangan tabung *heater*.

3.2.1 Perancangan Kolam Lele Tebar Padat

Perancangan mekanik awal adalah pembuatan kolam lele tebar padat yang berlokasi di Buduran, Sidoarjo. Kolam lele yang digunakan disesuaikan dengan ukuran asli kolam lele tebar padat Buduran. Kolam lele yang sesungguhnya terbuat dari bak fiber dengan diameter 300 cm

tinggi 120 cm, dan ketebalan 5 cm. Pada Tugas Akhir ini di buat kolam lele yang terbuat dari bak fiber dengan skala 3:1,5 dengan kondisi aslinya. Adapun tampilan dari kolam lele tebar padat, dapat dilihat pada Gambar 3.4.

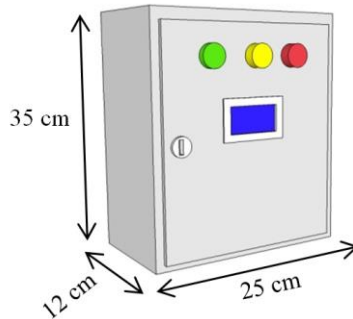


Gambar 3.4 Desain Kolam Lele

Didalam bak terdapat lele dan air. Jumlah lele yang akan ditebarkan adalah jenis lele mutiara sebanyak 500 ekor. Volume air diisi hingga ketinggian 65 cm. Pada sisi-sisi dalam kolam akan dipasang tiga buah sensor suhu DS18B20 yang masing-masing sensor akan diletakkan dengan jarak 120° antar sensor.

3.2.2 Perancangan Box Controller

Box panel yang digunakan adalah berukuran 35 x 12 x 25. Didalam *box* panel terdapat kontroler-kontroler yang akan digunakan sebagai pengendali pada tugas akhir. Bagian luar *box* terdapat LCD 20x4 yang akan menampilkan nilai suhu yang dibaca oleh sensor. *Box* panel ini akan diletakkan pada sisi luar kolam yang digunakan sebagai tempat peralatan kontrol elektrik. Adapun tampilan dari *box* panel dapat dilihat pada Gambar 3.5.



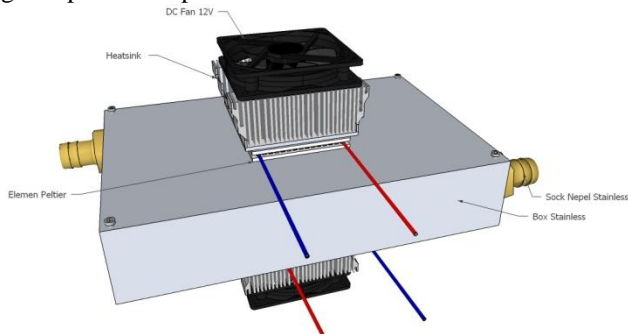
Gambar 3.5 *Box Controller*

3.2.3 Perancangan dan Pembuatan Box Pendingin

Pada desain *box* pendingin ini, dibuat suhu pendingin agar mampu mencapai 24°. berdasarkan kebutuhan tersebut, adapun bagian-bagian yang mendasari perancangan *box* pendingin ini, diantaranya yaitu :

- Menggunakan 4 buah peltier yang diletakkan pada sisi atas dan bawah *box*.
- Plat stainless digunakan untuk mempercepat perambatan dingin pada sisi dalam *box* pendingin dengan ketebalan 1,5 mm.
- *Heatsink* berfungsi untuk menyerap suhu dingin dan suhu panas secara langsung dari peltier. *Heatsink* yang digunakan adalah jenis sirip dengan ukuran 20 x 12 x 5 cm.
- DC *fan* digunakan untuk mengoptimalkan proses pelepasan kalor. DC *fan* yang digunakan sebanyak 2 buah yang diletakkan pada sisi atas dan bawah *box* pendingin. DC *fan* yang digunakan berukuran 12 x 12 cm.
- Dalam penyusunan antara *box* stainless, peltier dan *heatsink*, pasti terdapat rongga-rongga kecil yang dapat menyebabkan proses transfer panas antar komponen tidak merata. Oleh karena itu, dibutuhkan termal pasta yang mana material ini memiliki daya hantar termal tinggi sekaligus memiliki sifat melekatkan dan menjaga posisi antar komponen agar saat tidak bergeser saat beroperasi.
- *Sock* nepel stainless sebagai tempat dipasangnya pipa untuk mengalirkan air kolam yang akan didinginkan.

Dalam mendesain *box* pendingin maka perlu memperhatikan ukuran dan fungsi dari komponen seperti peltier, heatsink, kipas, ruang pendingin dan komponen-komponen lainnya. Adapun desain *box* pendingin dapat dilihat pada Gambar 3.6.

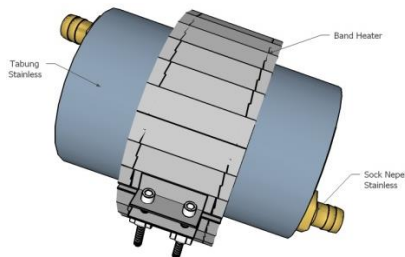


Gambar 3.6 *Box* Pendingin

Box pendingin ini akan bekerja ketika suhu air kolam lebih tinggi dari suhu optimal pertumbuhan lele.

2.3.4 Perancangan Tabung Heater

Pada desain tabung heater ini dibuat suhu pemanas agar mampu mencapai suhu 30°. Tabung ini terbuat dari tabung stainless dengan ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm dan memiliki ketebalan 1,5 mm. Tabung stainless ini digunakan untuk mempercepat perambatan panas pada sisi dalam tabung. Disisi luar tabung akan dipasang *heater*. Jenis *heater* yang digunakan adalah *band heater* dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi 12 cm. *Heater* ini memiliki kapasitas daya 100 W. Tabung *heater* akan bekerja ketika suhu air kolam lebih rendah dari suhu optimalnya. Adapun desain tabung *heater* dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Tabung Heater

Heater digunakan untuk memanaskan air kolam agar suhunya tetap terkontrol sesuai dengan suhu optimal pertumbuhan ikan lele. Daya heater yang direncanakan adalah untuk menaikkan suhu air 20°C sampai dengan 29°C untuk memanaskan air dalam tabung *heater* dengan waktu maksimum penghantaran panas selama 30 menit. Untuk menghitung daya heater maka terlebih dahulu menghitung jumlah kalor yang diperlukan untuk memanaskan air dalam tabung heater.

$$\begin{aligned}\text{Massa air} &= \text{Volume tabung} \times \text{Massa jenis air} \\ &= \pi r^2 t \times 1 \text{ gr/cm}^3 \\ &= \pi \cdot 5^2 \cdot 20 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 1570,796 \text{ gr} \\ &= 1,570796 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= \text{Suhu tertinggi} - \text{Suhu terendah} \\ &= 29 - 20 \\ &= 9^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Sehingga kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 20°C sampai dengan 29°C adalah :

$$\begin{aligned}Q &= m_{\text{air}} \times C_{\text{air}} \times \Delta T \\ &= 1,570796 \times 4200 \times 9 \\ &= 59376,0888 \text{ Joule}\end{aligned}$$

Jika waktu yang diinginkan untuk mencapai suhu tertinggi adalah 10 menit dengan daya heater maksimal, maka daya heater adalah

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{59376,0888}{10 \times 60} = 98,960148 \text{ Watt}$$

$$\begin{aligned}\text{Dimana } P &= \text{Daya heater (Watt)} \\ W &= \text{Energi (Joule)} \\ t &= \text{Waktu (Sekon)}\end{aligned}$$

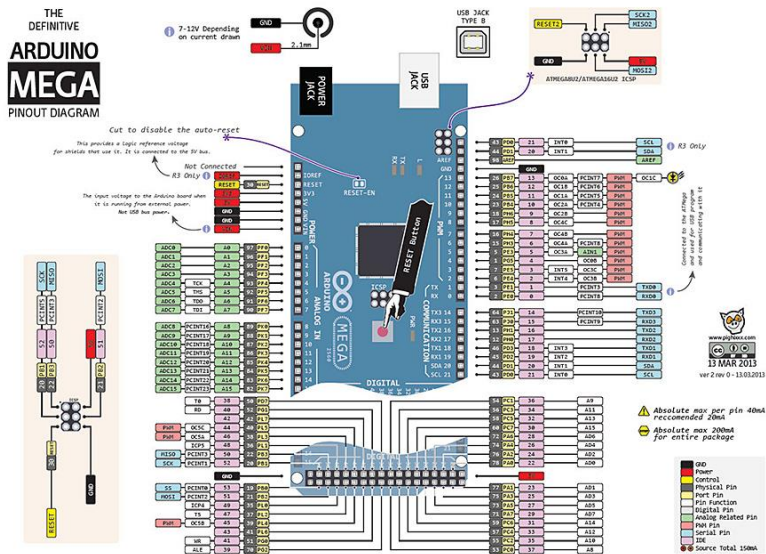
Jadi nilai daya heater yang digunakan pada tabung heater adalah sebesar 98,960148 Watt. Pada tugas akhir ini dibulatkan menjadi 100 Watt.

3.3 Perancangan Perangkat Elektronik (*Hardware*)

Perancangan *hardware* yang akan dibahas terdiri dari perancangan *shield* mikrokontroler, perancangan rangkaian sensor DS18B20, perancangan rangkaian *driver* beban AC, perancangan rangkaian *driver* beban DC, perancangan kebutuhan peltier dan perancangan LCD 20x4.

3.3.1 Perancangan *Shield* Mikrokontroler

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai rancangan *shield* mikrokontroler yang digunakan pada pembuatan alat Tugas Akhir. Mikrokontroler yang digunakan merupakan mikrokontroler yang telah dikemas menjadi sebuah modul, yakni Arduino Mega 2560. Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega 2560. Arduino Mega mempunyai 54 *pin* digital *input/output*, 16 *input analog*, sebuah osilator Kristal 16MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICPS header dan sebuah tombol *reset*. Dalam perancangan *shield* ini, mikrokontroler akan dikoneksikan secara langsung dengan rangkaian-rangkaian *driver* yang digunakan pada Tugas Akhir. *Pin mapping* dari Arduino Mega 2560 dapat dilihat pada Gambar 3.8.

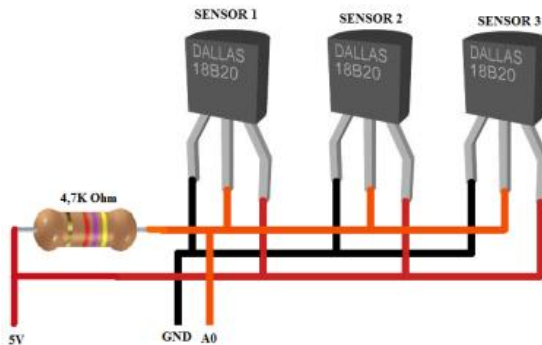


Gambar 3.8 Pin Konfigurasi ATmega 2560

3.3.2 Perancangan Rangkaian Sensor DS18B20

Pada perancangan rangkaian sensor dalam tugas akhir ini menggunakan tiga buah sensor suhu DS18B20. Sensor ini memiliki range pengukuran suhu dari nilai -55°C sampai +125 °C dengan tingkat keakurasian suhu sebesar ± 0.5 °C. Sensor ini dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan LCD 16x4. Rangkaian sensor

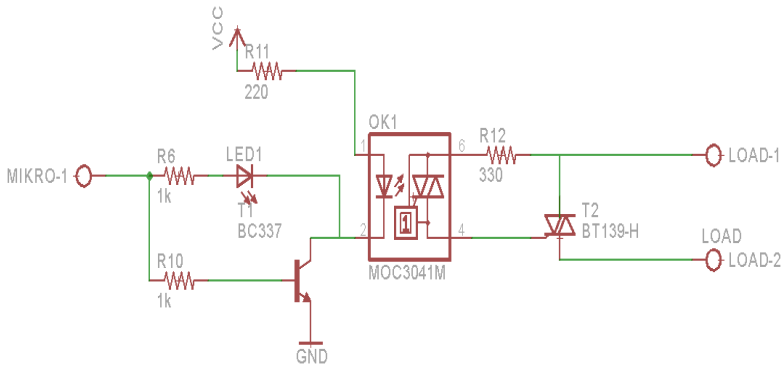
suhu DS18B20 disusun secara seri dan diberikan *pull up* berupa resistor 4700 Ohm untuk memberikan picuan berupa sinyal kedalam sensor sehingga semua sensor yang dihubungkan secara seri dapat aktif. Hasil pembacaan sensor DS18B20 diolah dahulu oleh mikrokontroler dan dilakukan kalibrasi agar nilai sensor yang ditampilkan sesuai dengan kondisi lingkungan sensor tersebut diletakkan. Setelah dilakukan kalibrasi, nilai *output* sensor yang telah diolah oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD. Rancangan sensor dan mikrokontroler dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian Multisensor DS18B20

3.3.3 Perancangan Rangkaian *Driver* Beban AC

Untuk melakukan sirkulasi air kolam lele tebar padat ini digunakan pompa air AC dan untuk pengondisian suhu digunakan *heater*. Sehingga dalam tugas akhir ini untuk mengontrol beban AC tersebut digunakan rangkaian *driver* AC menggunakan MOC3041. Skema rangkaian *driver* AC dapat dilihat pada Gambar 3.10.

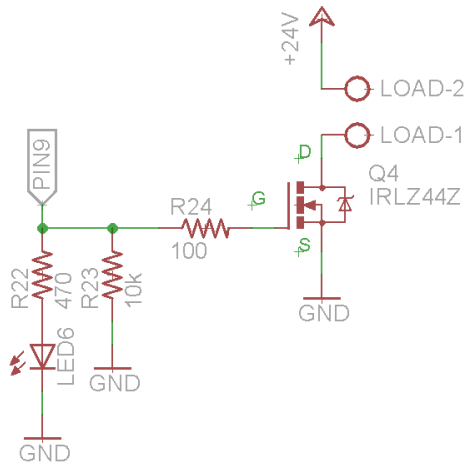


Gambar 3.10. Rangkaian *Driver* Beban AC

Rangkaian *driver* AC ini biasa dikenal dengan rangkaian *Solid State Relay*. Prinsip kerja rangkaian pada gambar adalah dengan memanfaatkan suatu masukan logika dari mikrokontroler pada saat tertentu yaitu saat pin arduino berlogika satu maka kondisi transistor BC337 adalah open sehingga tidak akan mengaktifkan MOC3041, yang artinya pompa air dan *heater* tidak menyala. Namun saat mikrokontroler memberikan logika nol maka transistor BC337 dalam kondisi aktif dan selanjutnya akan memicu triac BT139. Akibatnya beban berupa pompa dan *heater* akan teraliri arus listrik. Dengan diaturnya waktu pemberian sinyal pemicuan maka waktu hidup dan mati beban (pompa dan *heater*) dapat diatur. Dengan diaturnya waktu pemberian sinyal pemicuan maka besarnya tegangan yang diterima beban akan bervariasi. Dengan penggunaan rangkaian ini, keamanan rangkaian pengendali dari pengaruh jala-jala listrik lebih terjamin. Hal ini disebabkan terpisahnya aliran arus antara beban dengan rangkaian pengendali oleh MOC3041.

3.3.4 Perancangan Rangkaian *Driver* Beban DC

Rangkaian *driver* beban DC ini merupakan rangkaian yang digunakan untuk mengatur kinerja dari elemen *peltier* dan DC *fan*. Rangkaian ini dibuat menggunakan MOSFET IRFZ44n yang dihubungkan pada *pin* arduino yang dihubungkan ke aktuator yaitu DC *fan* dan elemen *peltier*. Kipas yang digunakan adalah kipas 12V DC berjumlah 2 buah yang diletakkan pada sisi atas dan bawah *box* pendingin. Elemen *peltier* yang digunakan adalah jenis TEC 12706 berjumlah 4 buah.



Gambar 3.11 Rangkaian *Driver* Beban DC

MOSFET IRFZ44 memiliki daerah kerja untuk kondisi *off* ketika $V_{GS} = 0$ Volt dan *on* ketika $V_{GS} \pm 20$ Volt. Saat mikrokontroler memberikan logika 1, maka arus pada resistor $100\ \Omega$ akan langsung menuju *ground* sehingga MOSFET tidak terbias. Namun ketika logika 0, maka arus dari tegangan 24 Volt akan mengalir menuju MOSFET sehingga nilai tegangan pada titik resistor $100\ \Omega$, dimana besar tegangan tersebut adalah nilai untuk V_{GS} :

$$V_{GS} = \frac{470}{470+100} \times 24$$

$$= 19,7\ \text{Volt}$$

Jadi dengan V_{GS} sebesar 19,7 Volt tersebut, MOSFET IRFZ44 sudah terbias, sehingga arus dari sumber 24 Volt akan mengalir ke kipas dan elemen peltier menuju *ground* melewati kaki D (*Drain*) dan S (*Source*) dari MOSFET. Kondisi inilah yang membuat kipas dan elemen peltier bisa dikontrol *on/off* atau PWM.

Rangkaian *driver* kipas dan elemen peltier ini dimaksudkan untuk menyesuaikan suhu jika tidak sesuai dengan suhu yang diinginkan. Apabila suhu lebih tinggi dari suhu yang diinginkan maka kipas dan elemen peltier akan menyala sampai suhu sesuai dengan suhu yang diinginkan.

3.3.5 Perancangan Kebutuhan *Peltier*

Peltier merupakan elemen pendingin yang digunakan untuk menurunkan suhu air kolam. Salah satu yang berpengaruh pada proses pendinginan adalah jumlah *peltier* yang akan digunakan. Dengan menentukan volume dan suhu dingin yang diinginkan maka dapat dihitung kebutuhan *peltier* yang digunakan.

$$I_{tec} = \frac{(P \times Ch)}{R_p[Ch + 2(CI + C_p)]}$$

$$Q_p = -P \times I_{tec}$$

Dimana :

- Ch = Kapasitas panas heatsink = 0,2 W/°C
- Q_{max} = 72 Watt
- I_{max} = 3 Ampere
- V_{max} = 24 Volt
- C_p = 239,8 J/kg.C
- *Thermoelectric Cooler (TEC) Resistance*

$$R_p = \frac{V_{max}}{I_{max}} = \frac{24}{3} = 8 \Omega$$

- Konstanta Peltier

$$P = \frac{Q_{max} + I_{max}^2 \times R_p / 2}{I_{max}}$$

$$P = \frac{72 + 3^2 \times 8 / 2}{3} = 36$$

- $I_{tec} = \frac{(P \times Ch)}{R_p[Ch + 2(CI + C_p)]}$

$$I_{tec} = \frac{(36 \times 0,2)}{8[0,2 + 2(239,8)]}$$

$$I_{tec} = \frac{7,2}{3838,4} = 0,001875A$$

- $Q_p = P \times I_{tec}$
 $= 36 \times 0,001875$
 $= 0,0675 \text{ Watt}$
 $= 0,967 \text{ Cal/menit}$

- Volume Pendingin = $P \times l \times t$

$$= 30 \times 20 \times 5 \text{ cm}$$

$$= 3000 \text{ cm}^3$$

$$= 0,003 \text{ m}^3$$
- Kalor yang di keluarkan oleh alat pendingin
$$Q = m_{\text{air}} \times C_p \times \Delta T$$

$$= 0,003 \times 239,8 \times (34^0 - 24^0)$$

$$= 7,194 \text{ Cal}$$
- Waktu untuk mendinginkan oleh satu peltier
$$t = \frac{Q}{Q_p}$$

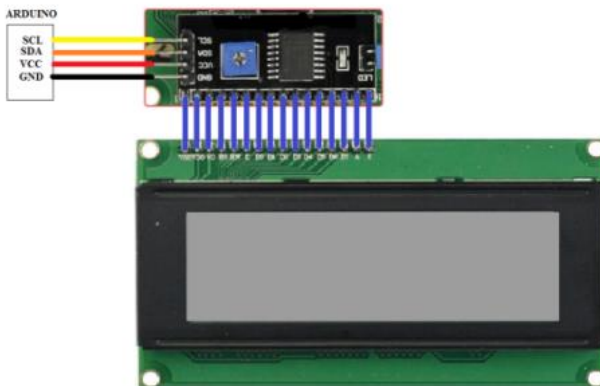
$$= \frac{7,194}{0,967}$$

$$= 7,43 \text{ menit/peltier}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, apabila digunakan 4 buah peltier maka waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan adalah 2 menit dengan massa air 3 L.

3.3.6 Perancangan Rangkaian LCD 20x4

Rangkaian LCD 20x4 merupakan rangkaian yang digunakan untuk menampilkan beberapa karakter. Pada Tugas Akhir ini, rangkaian ini digunakan untuk menampilkan data temperatur yang terukur oleh sensor. Pada rangkaian ini digunakan IC *shift* register untuk memangkas jumlah pin LCD yang masuk ke *pin* mikrokontroler. Rangkaian LCD dapat dilihat pada Gambar 3.12.



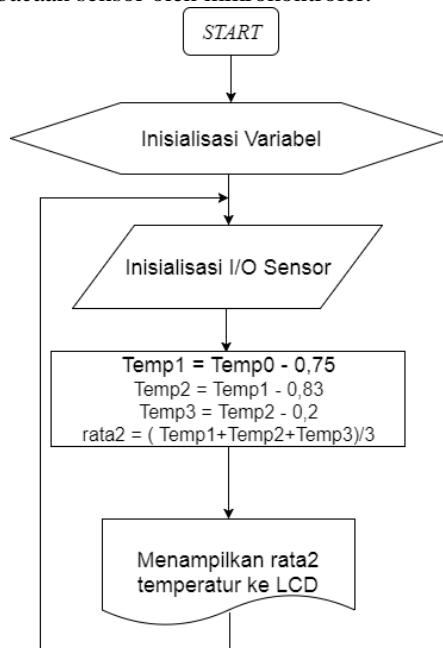
Gambar 3.12 Rangkaian LCD 20x4

3.4 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak di dalam pembuatan Tugas Akhir ini menggunakan aplikasi Arduino IDE yang disusun untuk mendukung perangkat keras (*hardware*) dan mengolah data pada mikrokontroler. Adapun perancangan perangkat lunak yang akan dibahas adalah perancangan pembacaan sensor .

3.4.1 Perancangan Pembacaan Multisensor DS18B20

Tiga buah sensor DS18B20 dibaca oleh mikrokontroler, pengolahan nilai temperatur disesuaikan dengan program yang dibuat menggunakan aplikasi Arduino IDE . Gambar 3.13 merupakan *flowchart* pembacaan sensor oleh mikrokontroler.



Gambar 3.13. *Flowchart* Pembacaan Sensor

Berdasarkan Gambar 3.13 penjelasan algoritma dari perancangan perangkat lunak (*software*) pembacaan sensor adalah :

1. Arduino Mega 2560 aktif melakukan inisialisasi variabel data sensor temperatur.

2. Menginisialisasi I/O
3. Pembacaan multisensor
4. Menampilkan rata-rata data sensor temperatur ke LCD

Berikut ini merupakan Gambar *listing* program berdasarkan *flowchart* pada aplikasi *Arduino IDE*.

```
void loop()
{
    sensorSuhu.requestTemperatures();
    float Temp1;
    Temp1 = sensorSuhu.getTempCByIndex(0)-0.75;
    float Temp2;
    Temp2 = sensorSuhu.getTempCByIndex(1)-0.83;
    float Temp3;
    Temp3 = sensorSuhu.getTempCByIndex(2)-0.2;

    if (Temp1>0&&Temp2>0&&Temp3>0)
    { rata2= (Temp1+Temp2+Temp3)/3;
    }
}
```

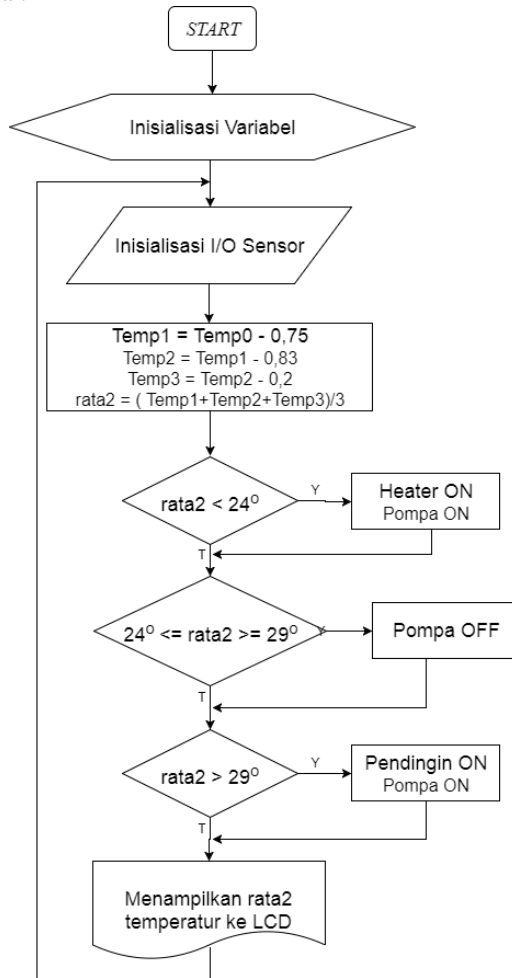
Gambar 3.14. *Listing* Program Pembacaan Sensor DS18B20

3.4.2 Perancangan Sistem Keseluruhan

Untuk membuat program yang nantinya dapat diunggah ke *board* Arduino Mega adalah dengan menggunakan *software* Arduino IDE yang menggunakan bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya. Adapun algoritma dari perancangan perangkat lunak untuk mikrokontroler ini adalah :

1. Mikrokontroler aktif melakukan inisialisasi variable pada sistem.
2. Mikrokontroler membaca *input* data dari sensor.
3. Data sensor dibandingkan dengan kondisi yang telah diatur, yaitu suhu yangizinkan berkisar 24°C - 29°C.
4. Apabila suhu yang diukur sensor < 24°C, maka mikrokontroler memberi perintah untuk mengaktifkan pompa dan pemanas hingga mencapai suhu yangizinkan.
5. Apabila suhu yang diukur sensor > 29°C, maka mikrokontroler memberi perintah untuk mengaktifkan pendingin hingga mencapai suhu yangizinkan.
6. Data suhu akan ditampilkan pada LCD.

Berdasarkan algoritma diatas, berikut ini adalah *flowchart* pemrogramannya :



Gambar 3.15. *Flowchart* Sistem Keseluruhan

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Dalam membuat suatu sistem, pengujian dan analisa sangat diperlukan. Pengujian dan analisa bertujuan untuk mengetahui sistem bekerja sesuai rencana atau belum. Dari hasil pengujian dan analisa dapat diketahui kelemahan-kelemahan dari sistem, sehingga dilakukan perbaikan, pengembangan, dan penyempurnaan sistem.

Dalam bab ini dibahas pengujian serta analisa dari perancangan sistem yang telah dibuat pada tugas akhir. Pengujian dilakukan secara parsial terlebih dahulu, tujuannya adalah untuk mengetahui kinerja *hardware* setiap unit. Setelah mengetahui respon kinerja *hardware* setiap unit, kemudian akan dilakukan pengujian integrasi sistem secara keseluruhan. Adapun beberapa pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

4.1 Pengujian *Input/Output* Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Pengujian ini dilakukan pada rangkaian *board* Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* pada setiap *pin* arduino jika diberi *input high* dan *input low* dengan menggunakan *voltmeter*.

Berikut ini adalah hasil pengukuran pada tiap *pin* dari board Arduino Mega yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran per *Pin* saat *Active High*

| <i>Pin Analog</i> | Tegangan (Volt) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (Volt) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (Volt) |
|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <i>Pin A0</i> | 5,01 | <i>Pin 0</i> | 5,02 | <i>Pin 27</i> | 5,01 |
| <i>Pin A1</i> | 5,01 | <i>Pin 1</i> | 5,01 | <i>Pin 28</i> | 5,01 |
| <i>Pin A2</i> | 5,01 | <i>Pin 2</i> | 5,01 | <i>Pin 29</i> | 5,01 |
| <i>Pin A3</i> | 5,01 | <i>Pin 3</i> | 5,01 | <i>Pin 30</i> | 5,01 |
| <i>Pin A4</i> | 5,01 | <i>Pin 4</i> | 5,01 | <i>Pin 31</i> | 5,01 |
| <i>Pin A5</i> | 5,01 | <i>Pin 5</i> | 5,01 | <i>Pin 32</i> | 5,01 |
| <i>Pin A6</i> | 5,01 | <i>Pin 6</i> | 5,01 | <i>Pin 33</i> | 5,01 |
| <i>Pin A7</i> | 5,01 | <i>Pin 7</i> | 5,01 | <i>Pin 34</i> | 5,01 |
| <i>Pin A8</i> | 5,01 | <i>Pin 8</i> | 5,01 | <i>Pin 35</i> | 5,01 |
| <i>Pin A9</i> | 5,01 | <i>Pin 9</i> | 5,01 | <i>Pin 36</i> | 5,01 |
| <i>Pin A10</i> | 5,01 | <i>Pin 10</i> | 5,01 | <i>Pin 37</i> | 5,01 |

| <i>Pin Analog</i> | Tegangan (Volt) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (Volt) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (Volt) |
|-------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| <i>Pin A11</i> | 5,00 | <i>Pin 11</i> | 5,01 | <i>Pin 38</i> | 5,02 |
| <i>Pin A12</i> | 5,00 | <i>Pin 12</i> | 5,01 | <i>Pin 39</i> | 5,02 |
| <i>Pin A13</i> | 5,00 | <i>Pin 13</i> | 5,01 | <i>Pin 40</i> | 5,02 |
| <i>Pin A14</i> | 5,00 | <i>Pin 14</i> | 5,01 | <i>Pin 41</i> | 5,02 |
| <i>Pin A15</i> | 4,99 | <i>Pin 15</i> | 5,01 | <i>Pin 42</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 16</i> | 5,01 | <i>Pin 43</i> | 5,01 |
| | | <i>Pin 17</i> | 5,02 | <i>Pin 44</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 18</i> | 5,02 | <i>Pin 45</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 19</i> | 5,01 | <i>Pin 46</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 20</i> | 5,01 | <i>Pin 47</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 21</i> | 5,01 | <i>Pin 48</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 22</i> | 5,01 | <i>Pin 49</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 23</i> | 5,01 | <i>Pin 50</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 24</i> | 5,01 | <i>Pin 51</i> | 5,02 |
| | | <i>Pin 25</i> | 5,01 | <i>Pin 52</i> | 5,01 |
| | | <i>Pin 26</i> | 5,01 | <i>Pin 53</i> | 5,02 |

Dari hasil Tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa ketika *board* Arduino Mega 2560 diberi *input high* pada tiap *pin* maka tegangan yang dihasilkan bernilai rata-rata 4,90 Volt yang artinya tegangan yang dikeluarkan telah maksimal dan *pin* tersebut dapat berfungsi sebagai *supply* untuk beban yang diinginkan karena *output* board Arduino Mega 2560 bernilai *high* dengan *range* tegangan 2,4-5,5 Volt.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran per *Pin* saat *Active Low*

| <i>Pin Analog</i> | Tegangan (mV) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (mV) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (mV) |
|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| <i>Pin A0</i> | 0,8 | <i>Pin 0</i> | 10,0 | <i>Pin 27</i> | 0,9 |
| <i>Pin A1</i> | 0,9 | <i>Pin 1</i> | 6,7 | <i>Pin 28</i> | 0,8 |
| <i>Pin A2</i> | 0,9 | <i>Pin 2</i> | 1,2 | <i>Pin 29</i> | 0,9 |
| <i>Pin A3</i> | 0,8 | <i>Pin 3</i> | 1,2 | <i>Pin 30</i> | 0,6 |
| <i>Pin A4</i> | 0,8 | <i>Pin 4</i> | 1,1 | <i>Pin 31</i> | 0,7 |
| <i>Pin A5</i> | 0,8 | <i>Pin 5</i> | 1,1 | <i>Pin 32</i> | 0,9 |
| <i>Pin A6</i> | 0,8 | <i>Pin 6</i> | 1,1 | <i>Pin 33</i> | 1,1 |
| <i>Pin A7</i> | 0,8 | <i>Pin 7</i> | 1,1 | <i>Pin 34</i> | 0,9 |
| <i>Pin A8</i> | 0,9 | <i>Pin 8</i> | 1,3 | <i>Pin 35</i> | 1,2 |

| <i>Pin Analog</i> | Tegangan (mV) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (mV) | <i>Pin Digital</i> | Tegangan (mV) |
|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|
| <i>Pin A9</i> | 0,8 | <i>Pin 9</i> | 1,2 | <i>Pin 36</i> | 1,0 |
| <i>Pin A10</i> | 0,8 | <i>Pin 10</i> | 1,2 | <i>Pin 37</i> | 1,1 |
| <i>Pin A11</i> | 0,7 | <i>Pin 11</i> | 1,2 | <i>Pin 38</i> | 1,3 |
| <i>Pin A12</i> | 0,6 | <i>Pin 12</i> | 1,1 | <i>Pin 39</i> | 0,8 |
| <i>Pin A13</i> | 0,6 | <i>Pin 13</i> | 1,0 | <i>Pin 40</i> | 1,0 |
| <i>Pin A14</i> | 0,6 | <i>Pin 14</i> | 0,4 | <i>Pin 41</i> | 1,1 |
| <i>Pin A15</i> | 0,5 | <i>Pin 15</i> | 0,5 | <i>Pin 42</i> | 1,4 |
| | | <i>Pin 16</i> | 1,3 | <i>Pin 43</i> | 1,5 |
| | | <i>Pin 17</i> | 1,2 | <i>Pin 44</i> | 1,3 |
| | | <i>Pin 18</i> | 1,5 | <i>Pin 45</i> | 1,4 |
| | | <i>Pin 19</i> | 1,6 | <i>Pin 46</i> | 1,3 |
| | | <i>Pin 20</i> | 1,6 | <i>Pin 47</i> | 1,4 |
| | | <i>Pin 21</i> | 1,6 | <i>Pin 48</i> | 1,4 |
| | | <i>Pin 22</i> | 0,7 | <i>Pin 49</i> | 1,1 |
| | | <i>Pin 23</i> | 0,7 | <i>Pin 50</i> | 1,3 |
| | | <i>Pin 24</i> | 0,9 | <i>Pin 51</i> | 1,3 |
| | | <i>Pin 25</i> | 0,8 | <i>Pin 52</i> | 1,3 |
| | | <i>Pin 26</i> | 0,9 | <i>Pin 53</i> | 1,2 |

Dari hasil Tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa ketika *board* Arduino Mega 2560 diberi *input low* pada tiap *pin* maka tegangan yang dihasilkan bernilai rata-rata 1,17 mV yang artinya tegangan yang dikeluarkan sangat kecil dan *pin* tersebut dapat berfungsi sebagai *ground* karena *output* board Arduino bernilai *low* dengan *range* tegangan 0–800 mV.

4.2 Pengujian Rangkaian *Driver* Beban DC

Pengujian rangkaian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan *output* dan arus menggunakan *Avometer* dengan mengatur nilai PWM pada *pin* arduino. Nilai PWM nantinya digunakan untuk mengontrol kerja TEC dan kontrol *on-off* untuk DC *fan*. Pengujian dilakukan dengan mengunggah program sederhana ke *board* Arduino Mega 2560 dengan *software* Arduino IDE. Untuk kontrol PWM menggunakan DAC 8 bit dengan nilai 0–255. Pada pengujian rangkaian *driver* ini diberi tegangan *input* sebesar 24 Volt. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Rangkaian *Driver DC* dengan Beban 2 buah TEC 12706 (*Peltier 1*) yang dirangkai Seri.

| PWM | Arus (A) | Tegangan <i>output</i> (V) | Daya(W) |
|-----|----------|----------------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0,13 | 1,14 | 0,1482 |
| 26 | 0,25 | 2,27 | 0,5675 |
| 38 | 0,35 | 3,33 | 1,1655 |
| 51 | 0,49 | 4,57 | 2,2393 |
| 64 | 0,63 | 5,67 | 3,5721 |
| 77 | 0,78 | 6,83 | 5,3274 |
| 90 | 0,94 | 7,95 | 7,473 |
| 102 | 1,09 | 8,97 | 9,7773 |
| 115 | 1,28 | 10,03 | 12,8384 |
| 128 | 1,42 | 11,01 | 15,6342 |
| 140 | 1,58 | 11,86 | 18,7388 |
| 153 | 1,75 | 13,09 | 22,9075 |
| 166 | 1,92 | 14,04 | 26,9568 |
| 179 | 2,11 | 15,01 | 31,6711 |
| 191 | 2,27 | 15,85 | 35,9795 |
| 204 | 2,46 | 16,76 | 41,2296 |
| 217 | 2,58 | 17,66 | 45,5628 |
| 230 | 2,76 | 18,54 | 51,1704 |
| 242 | 2,91 | 19,4 | 56,454 |
| 255 | 3,07 | 20 | 61,4 |

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Rangkaian *Driver DC* dengan Beban 2 Buah TEC 12706 (*Peltier 2*) yang dirangkai Seri.

| PWM | Arus (A) | Tegangan <i>output</i> (V) | Daya(W) |
|-----|----------|----------------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0,13 | 1,34 | 0,1742 |
| 26 | 0,26 | 2,56 | 0,6656 |
| 38 | 0,37 | 3,71 | 1,3727 |
| 51 | 0,49 | 4,88 | 2,3912 |
| 64 | 0,65 | 6,05 | 3,9325 |
| 77 | 0,79 | 7,23 | 5,7117 |

| PWM | Arus (A) | Tegangan <i>output</i> (V) | Daya(W) |
|-----|----------|----------------------------|---------|
| 90 | 0,87 | 8,34 | 7,2558 |
| 102 | 1,02 | 9,42 | 9,6084 |
| 115 | 1,15 | 10,51 | 12,0865 |
| 128 | 1,29 | 11,57 | 14,9253 |
| 140 | 1,41 | 12,39 | 17,4699 |
| 153 | 1,55 | 13,73 | 21,2815 |
| 166 | 1,66 | 14,79 | 24,5514 |
| 179 | 1,73 | 15,83 | 27,3859 |
| 191 | 1,9 | 16,78 | 31,882 |
| 204 | 2 | 17,78 | 35,56 |
| 217 | 2,15 | 18,75 | 40,3125 |
| 230 | 2,23 | 19,77 | 44,0871 |
| 242 | 2,33 | 20,6 | 47,998 |
| 255 | 2,53 | 21,5 | 54,395 |

Berdasarkan pengujian rangkaian *driver* DC dengan beban 2 buah *Peltier* yang dirangkai seri, didapatkan bahwa *Peltier* akan bekerja optimal ketika diberi nilai input PWM 255 dengan besar arus rata-rata sebesar 2,8 A. Berdasarkan teori, kerja *Peltier* tergantung pada *supply* arus, semakin besar *supply* arus maka kerja *Peltier* akan semakin cepat. Namun pada perancangan pendingin Tugas Akhir ini, arus maksimal dibatasi hingga 3A.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Rangkaian *Driver* DC dengan Beban 2 Buah DC *Fan* 12V yang dirangkai Seri.

| PWM | Arus (A) | Tegangan <i>output</i> (V) | Daya(W) |
|-----|----------|----------------------------|---------|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0,02 | 5,46 | 0,1092 |
| 26 | 0,03 | 6,46 | 0,1938 |
| 38 | 0,04 | 7,34 | 0,2936 |
| 51 | 0,05 | 8,3 | 0,415 |
| 64 | 0,06 | 9,23 | 0,5538 |
| 77 | 0,08 | 10,13 | 0,8104 |
| 90 | 0,09 | 11,04 | 0,9936 |
| 102 | 0,1 | 11,89 | 1,189 |
| 115 | 0,12 | 12,76 | 1,5312 |
| 128 | 0,13 | 13,69 | 1,7797 |

| PWM | Arus (A) | Tegangan <i>output</i> (V) | Daya(W) |
|-----|----------|----------------------------|---------|
| 140 | 0,15 | 14,6 | 2,19 |
| 153 | 0,16 | 15,45 | 2,472 |
| 166 | 0,17 | 16,37 | 2,7829 |
| 179 | 0,18 | 17,29 | 3,1122 |
| 191 | 0,19 | 18,13 | 3,4447 |
| 204 | 0,2 | 19,03 | 3,806 |
| 217 | 0,21 | 19,96 | 4,1916 |
| 230 | 0,22 | 20,9 | 4,598 |
| 242 | 0,23 | 21,7 | 4,991 |
| 255 | 0,25 | 22,4 | 5,6 |

Berdasarkan data pengujian driver DC yang di peroleh, dengan beban 2 buah DC *fan* yang disusun seri, dapat kita ketahui kebutuhan *supply* kerja DC *fan*. DC *fan* akan mulai *on* saat diberi nilai PWM sebesar 13. Semakin besar nilai PWM yang dimasukan maka, kecepatan DC *fan* akan semakin bertambah.

Pada pengujian rangkaian *driver* DC ini menggunakan nilai PWM sebagai *input* serta TEC dan DC *fan* sebagai beban untuk mengetahui kerja dari rangkaian driver . Adapun algoritma program untuk rangkaian *driver* DC adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan *pin* 6 pada board Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol TEC12706 (Peltier 1).
2. Mendefinisikan *pin* 9 pada board Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol TEC12706 (Peltier 2).
3. Mendefinisikan *pin* 8 pada board Arduino Mega 2560 sebagai untuk mengontrol DC *fan*.
4. Mengatur nilai *input* PWM mulai 0-255.
5. Mengukur tegangan *output* dan arus dengan *Avometer*.

4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu DS18B20

Sebelum dilakukan pengujian dan pengambilan data, perlu dilakukan pengkalibrasian sensor DS18B20 untuk mengetahui sensor DS18B20 dalam keadaan baik atau tidak serta dapat digunakan. Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusur (*traceable*) ke standar nasional maupun internasional untuk satuan ukuran dan/atau internasional dan bahan-bahan acuan tersertifikasi. Pengkalibrasian pada

sensor DS18B20 dilakukan dengan cara membandingkan sensor DS18B20 dengan alat ukur referensi yaitu termometer digital WT-01. Kalibrasi terhadap sensor DS18B20 ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan sensor DS18B20 yang ditampilkan pada LCD dengan termometer digital.

Pengkalibrasian dilakukan pada suhu air yang berada pada ruangan adalah sekitar 28,80 °C. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel. 4.6 Kalibrasi Sensor DS18B20

| Tref | T1 | T2 | T3 |
|----------|----------|---------|----------|
| 28,80 °C | 28,81 °C | 28,69°C | 28,19 °C |

Berdasarkan teori penunjang sensor DS18B20, data dianggap akurat apabila berada pada range 0,5 dari pembacaan suhu. Berdasarkan data pengujian Tabel 4.6 menunjukkan bahwa sensor T1 dan T2 berada diatas range yangizinkan, sehingga harus dilakukan perbaikan melalui program.

Tabel. 4.7 Kalibrasi Ulang Sensor DS18B20

| Tref | T1 | T2 | T3 |
|----------|----------|---------|----------|
| 28,80 °C | 28,80 °C | 28,80°C | 28,80 °C |

Berdasarkan data pengujian kedua, maka didapatkan data pembacaan suhu yang sesuai dengan suhu thermometer digital. Sehingga sensor suhu DS18B20 dapat mendeteksi suhu secara akurat.

4.3.1 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air

Setelah proses kalibrasi selesai, kemudian dilakukan pengujian respon sensor suhu DS18B20 dengan air berada di ruangan dalam waktu beberapa menit. Data pengujian respon suhu DS18B20 ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel. 4.8 Pengujian Respon Sensor DS18B20 Air

| T (menit) | Tref (°C) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | Rata-rata Suhu (°C) | Error (%) |
|--------------|--------------|------------|------------|------------|---------------------------|-----------|
| 1 | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,77 | 0,0810185 |
| 2 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |
| 3 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |
| 4 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |

| T (menit) | Tref (°C) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | Rata-rata Suhu (°C) | Error (%) |
|---------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|---------------------------|-----------|
| 5 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |
| 6 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |
| 7 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,75 | 0,162037 |
| 8 | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 28,73 | 28,77 | 0,0810185 |
| 9 | 28,8 | 28,73 | 28,73 | 28,73 | 28,73 | 0,2430556 |
| 10 | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 28,8 | 0 |
| Rata-rata <i>error</i> pembacaan suhu | | | | | | 0,1377315 |

Berdasarkan hasil pengukuran oleh sensor DS18B20 dengan alat ukur referensi (*thermometer* digital WT-01) hampir menunjukkan angka yang sama. Data yang diperoleh dari keseluruhan sensor menunjukkan hasil yang linier dan stabil. Dikatakan stabil karena setiap menit sensor DS18B20 menunjukkan respon yang hampir sama.

4.3.2 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air Hangat

Untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor DS18B20, maka dilakukan pengujian respon sensor suhu di media yang berbeda. Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel. 4.9 Pengujian Respon Sensor DS18B20 Air Hangat

| T (menit) | Tref (°C) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) | Rata-rata Suhu (°C) | Error (%) |
|---------------------------------------|--------------|------------|------------|------------|---------------------------|-----------|
| 1 | 48,8 | 48,89 | 48,8 | 48,92 | 48,87 | 0,1434426 |
| 2 | 48,5 | 48,55 | 48,49 | 48,61 | 48,55 | 0,1030928 |
| 3 | 47,9 | 47,94 | 47,94 | 48,11 | 47,99 | 0,2018093 |
| 4 | 47,5 | 47,49 | 47,49 | 47,61 | 47,53 | 0,0631579 |
| 5 | 47 | 47,11 | 46,99 | 46,92 | 47,00 | 0,0141844 |
| 6 | 46,5 | 46,5 | 46,55 | 46,49 | 46,51 | 0,0286738 |
| 7 | 46 | 46,11 | 46,07 | 46,11 | 46,09 | 0,2101449 |
| 8 | 45,7 | 45,61 | 45,61 | 45,67 | 45,63 | 0,1531729 |
| 9 | 45,2 | 45,24 | 45,24 | 45,24 | 45,24 | 0,0884956 |
| 10 | 44,8 | 44,8 | 44,8 | 44,86 | 44,82 | 0,0446429 |
| Rata-rata <i>error</i> pembacaan suhu | | | | | | 0,0744471 |

Hasil pengukuran oleh sensor DS18B20 didapatkan bahwa suhu air hangat mengalami penurunan setiap menitnya. Penurunan ini disebabkan karena kalor yang ada pada air hangat melepaskan panas ke udara. Respon suhu yang didapatkan adalah linier, yaitu mengalami penurunan suhu rata-rata sebesar $0,4^{\circ}\text{C}$ setiap menitnya.

4.3.3 Pengujian Respon Sensor DS18B20 pada Air Dingin

Pengujian dilakukan seperti halnya pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan pada air dingin. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel. 4.10 Pengujian Respon Sensor DS18B20 Air Dingin

| t (menit) | Tref ($^{\circ}\text{C}$) | T1 ($^{\circ}\text{C}$) | T2 ($^{\circ}\text{C}$) | T3 ($^{\circ}\text{C}$) | Rata-rata Suhu ($^{\circ}\text{C}$) | Error (%) |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|-----------|
| 1 | 14,2 | 14,18 | 14,21 | 14,19 | 14,19 | 0,0469484 |
| 2 | 14,2 | 14,2 | 14,21 | 14,2 | 14,20 | 0,0234742 |
| 3 | 14,3 | 14,27 | 14,28 | 14,28 | 14,27 | 0,1631702 |
| 4 | 14,4 | 14,38 | 14,38 | 14,41 | 14,39 | 0,0694444 |
| 5 | 14,5 | 14,48 | 14,49 | 14,49 | 14,48 | 0,091954 |
| 6 | 14,6 | 14,57 | 14,59 | 14,58 | 14,58 | 0,1369863 |
| 7 | 14,6 | 14,61 | 14,6 | 14,6 | 14,60 | 0,0228311 |
| 8 | 14,8 | 14,77 | 14,81 | 14,79 | 14,79 | 0,0675676 |
| 9 | 14,9 | 14,88 | 14,89 | 14,9 | 14,89 | 0,0671141 |
| 10 | 15 | 15,12 | 14,99 | 15,03 | 15,04 | 0,3111111 |
| Rata-rata <i>error</i> pembacaan suhu | | | | | | 0,0285769 |

Hasil pengukuran sensor DS18B20 dengan media air dingin, respon suhu pada air dingin lama-kelamaan akan mengalami perubahan besaran dari suhu rendah menuju suhu yang tinggi. Hal ini karena ada perbedaan suhu didalam air dingin dengan suhu ruangan. Dari data yang diperoleh, hasil pembacaan setiap menitnya mengalami perubahan suhu sekitar $0,1^{\circ}\text{C}$. Hal ini dapat dikatakan bahwa suhu mendeteksi secara linier.

Keterangan :

Tref = Suhu referensi (Termometer Digital WT-1)

T1 = Sensor suhu DS18B20 1

T2 = Sensor suhu DS18B20 2

T3 = Sensor suhu DS18B20 3

Dari beberapa data hasil pengujian di atas dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 dapat digunakan (tidak rusak). Pada hasil pengujian tersebut terdapat perbedaan hasil pembacaan nilai suhu sensor DS18B20 dengan termometer digital. Perbedaan tersebut dikarenakan sensitivitas serta keakuratan pada tiap-tiap sensor berbeda. Perubahan suhu pada sensor DS18B20 lebih cepat dibandingkan dengan termometer digital.

4.4 Pengujian Rangkaian *Driver* Beban AC

Pengujian rangkaian ini digunakan untuk memastikan tegangan AC yang dapat dikontrol secara *on-off* atau PWM sesuai dengan logika yang ditetapkan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Pengujian Rangkaian *Driver* Beban AC

| PWM | Tegangan <i>output</i> (V) | Heater | Pompa 1 | Pompa 2 |
|-----|----------------------------|------------|------------|------------|
| 0 | 0 | <i>Off</i> | <i>Off</i> | <i>Off</i> |
| 13 | 11,2 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 26 | 22,4 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 38 | 32,7 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 51 | 44,0 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 64 | 55,2 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 77 | 66,4 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 90 | 77,6 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 102 | 88,0 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 115 | 99,2 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 128 | 110,4 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 140 | 120,7 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 153 | 132,0 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 166 | 143,2 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 179 | 154,4 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 191 | 164,7 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 204 | 176,0 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 217 | 187,2 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 230 | 198,4 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 242 | 208,7 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |
| 255 | 220 | <i>On</i> | <i>On</i> | <i>On</i> |

Rangkaian *driver* beban AC ini akan digunakan sebagai kontrol *on-off* untuk pompa dan PWM untuk *heater*. Pompa dan *heater* akan aktif berdasarkan masukan dari pembacaan sensor suhu DS18B20. Adapun algoritma program untuk rangkaian kontrol pompa dan *heater* adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan *pin* A0 pada Arduino mega 2560 sebagai data *pin* untuk sensor DS18B20.
2. Mendefinisikan *pin* 4 pada board Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol *heater*.
3. Mendefinisikan *pin* 5 pada board Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol pompa 1.
4. Mendefinisikan *pin* 8 pada board Arduino Mega 2560 sebagai untuk mengontrol pompa 2.
5. Mengatur nilai *input* PWM mulai dari 0, 51, 128 dan 255.

Program yang dibuat untuk kontrol pompa dan *heater* dalam tugas akhir ini dapat mengatur kecepatan pemanas diatur melalui nilai PWM tertentu sesuai dengan suhu yang ditentukan. Pada rata-rata suhu < 24 °C maka *heater* akan bernilai 255 yang berarti proses pemanasan maksimal , ketika rata-rata suhu sama dengan 24 °C maka *heater* akan bernilai 128 yang berarti *heater* bekerja 50%, ketika rata-rata suhu > 26 °C dan <= 30 °C maka *heater* akan bernilai 51 yang berarti kecepatan *heater* memanaskan sebesar 20% dan ketika rata-rata suhu > 30 °C maka *heater* tidak kerja. Sedangkan untuk pompa akan aktif ketika suhu < 24 °C dan >29°C.

4.5 Pengujian *Box* Pendingin

Pada pengujian *box* pendingin ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan kerja dari elemen *peltier* dalam proses pendinginan. Pada pengujian pendingin ini diberikan nilai PWM sebesar 255 sebagai *input* TEC dan DC *fan* sebagai beban untuk mengetahui proses pendinginan. Pengujian dilakukan selama beberapa menit dengan massa air sebesar 600 ml. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Respon Suhu Air dalam *Box* Pendingin

| t(menit) | Tair(°C) (600ml) |
|----------|---------------------|
| 0 | 28,44 |
| 2 | 28,37 |

| t(menit) | Tair(°C) (600ml) |
|----------|---------------------|
| 4 | 28,37 |
| 6 | 28,31 |
| 8 | 28,31 |
| 10 | 28,31 |
| 12 | 28,31 |
| 14 | 28,31 |
| 16 | 28,25 |
| 18 | 28,25 |
| 20 | 28,25 |
| 22 | 28,25 |
| 24 | 28,25 |
| 26 | 28,25 |
| 28 | 28,25 |
| 30 | 28,19 |

Berdasarkan data yang diperoleh, respon suhu air pada *box* pendingin cukup lama, yaitu membutuhkan waktu 30 menit untuk menurunkan suhu 0,25°C.

Adapun algoritma program untuk rangkaian kontrol pendingin adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan *pin* A0 pada *board* Arduino Mega 2560 sebagai data *pin* untuk sensor DS18B20
2. Mendefinisikan *pin* 6 pada *board* Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol TEC12706 (Peltier 1).
3. Mendefinisikan *pin* 9 pada *board* Arduino Mega 2560 sebagai *pin* PWM untuk mengontrol TEC12706 (Peltier 2).
4. Mendefinisikan *pin* 8 pada *board* Arduino Mega 2560 sebagai *pin on-off* untuk DC *fan*.
5. Membaca nilai rata-rata suhu dari 3 buah sensor DS18B20.
6. Mengatur nyala tidaknya DC *fan*.
7. Mengatur kecepatan pendinginan TEC12706 mulai dari 0%, 20%, 50% dan 100%

Program yang dibuat untuk kontrol pendingin dalam tugas akhir ini dapat mengatur kecepatan pendinginan TEC12706 berdasarkan konsumsi arus yang diatur melalui nilai PWM tertentu sesuai dengan suhu yang ditentukan. Pada rata-rata suhu < 24 °C maka peltier akan bernilai 0 yang berarti tidak ada proses pendinginan, ketika rata-rata

suhu sama dengan 24 °C maka peltier akan bernilai 52 yang berarti peltier bekerja 20%, ketika rata-rata suhu > 26 °C dan <= 30 °C maka peltier akan bernilai 128 yang berarti kecepatan peltier mendinginkan sebesar 50% dan ketika rata-rata suhu > 30 °C maka peltier akan bekerja maksimal atau 100% dengan nilai 255. Sedangkan untuk DC *fan* akan aktif ketika suhu > 24 °C.

4.6 Pengujian Tabung Heater

Pada pengujian *box* pendingin ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan kerja dari *heater* untuk menaikkan suhu air yang ada didalam tabung. Pada pengujian *heater* ini diberikan nilai PWM sebesar 255 sebagai *input heater*. Pengujian dilakukan beberapa menit dengan beban air sebesar 600 ml. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Respon Suhu Air dalam Tabung Heater

| t(menit) | Tair(°C) (600ml) |
|----------|---------------------|
| 0 | 36,56 |
| 2 | 39,13 |
| 4 | 41,69 |
| 6 | 46,06 |
| 8 | 50,00 |
| 10 | 54,19 |

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, respon suhu air dalam tabung *heater* cukup baik. Dimana *heater* mampu menaikkan suhu 2°C/menit.

4.7 Pengujian Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem bekerja dengan baik atau tidak. Pada tahap awal, semua *hardware* disambung dan dipastikan terpasang dengan baik. Kemudian mengupload program keseluruhan.

Pada pengujian sistem secara keseluruhan digunakan pendingin berupa DC *fan* dan 4 buah TEC untuk menurunkan suhu ketika suhu air kolam >29 °C, pemanas berupa tabung dilapisi dengan *band heater* untuk menaikkan suhu ketika kondisi suhu kolam <24 °C. Pengendalian ini bekerja berdasarkan umpan balik dari pembacaan sensor suhu DS18B20 yang kemudian dikontrol dengan memberikan *input* PWM

pada elemen pendingin dan juga elemen *heater*. Hasil pengujian keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Pengujian Sistem

| Suhu Air(⁰ C) | Pendingin(%) | Pemanas(%) | Pompa |
|---------------------------|--------------|------------|-----------|
| 23,31 | 0% | 100% | <i>On</i> |
| 26,74 | 50% | 50% | <i>On</i> |
| 27,57 | 50% | 50% | <i>On</i> |
| 29,82 | 50% | 50% | <i>On</i> |
| 31,12 | 100% | 0% | <i>On</i> |

Berdasarkan data yang diperoleh, apabila suhu air kolam yang dibaca adalah 23,31°C maka kinerja pendingin 0% yaitu tidak bekerja dan *heater* akan bekerja 100% yaitu bekerja maksimal dengan *supply* sebesar 220V. Apabila suhu air kolam yang dibaca antara 26,74°C – 29,82°C maka pendingin dan *heater* akan bekerja 50%, yaitu setengah kerja dari tegangan *input* yang diberikan. Heater bekerja dengan *supply* sebesar 110,43 V dan pendingin bekerja dengan *supply* sebesar 12,047. Apabila suhu yang terbaca 31,12°C maka pendingin akan bekerja 100% yaitu mendapat tegangan *supply* maksimal 24V dan *heater* tidak bekerja. Nilai persentase ini diperoleh berdasarkan nilai *input* PWM pada program.

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini, mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan *supply* sebesar 24V/3A. pendingin mampu menurunkan suhu air bermassa 600ml selama 30 menit sekitar 0,25°C, sehingga proses pendinginan air kolam membutuhkan waktu cukup lama.
2. *Heater* dengan *supply* maksimum yaitu 220V mampu menaikkan suhu 2°C/menit dengan massa 600ml.
3. Suhu air kolam lele tebar padat dapat terjaga pada *range* suhu 24°C - 29°C dengan menggunakan beberapa aktuator yang dikontrol secara otomatis.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

1. Dalam perancangan *box* pendingin, agar proses pendinginannya lebih cepat, maka bahan yang digunakan sebaiknya memiliki konduktivitas *thermal* yang baik.
2. Penggunaan elemen *heater* sebaiknya tidak menggunakan jenis *band heater* karena rawan rusak apabila terkena air.
3. *Box* pendingin yang digunakan kerjanya masih membutuhkan waktu yang lama, sehingga kedepan bisa diperbaiki performasi dari *box* pendingin.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Boyd, C. E. and F. Lichkoppler., “*Water quality management in pond fishculture*”. Auburn univ, Alabama, International for aquaculture. Agric. EXP. **Station Research and Development series**, 22: 30, 1979.
- [2] Effendi, H., “*Telaah Kualitas Air*”. Kanisius. Yogyakarta, 2003.
- [3] Andri., “*Budidaya Lele Padat Tebar Tingkatkan Produksi 2 Kali Lipat*”, **Trubus**, 2015.
- [4] Pardamean, Armanto.,*Pengontrolan Suhu Air pada Kolam Pandederan dan Pembenihan Nila Berbasis Arduino*”. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- [5] Wheat, Dale.”*Arduino Internals*”, Technology In Action, 2011.
- [6] Pratiwi, Ratih ., “*Penentuan Sumber Panas dengan Metode Topografi Menggunakan Sensor Termometer Digital DS18B20*”, **Skripsi**, Universitas Indonesia, 2009.
- [7] Gusman,Rosalinda., “*Rancang Bangun Alat Kontrol dan Monitoring Pasteurisasi Susu Secara Otomatis pada Skala Tangga*”, **Proyek Akhir**, Jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2016.
- [8] S. Lineykin dan S.Ben-Yaakov., “*Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules*”, Department of Electrical and Computer Engineer, Ben-Gurion University of the Negev, 2005.
- [9], “*Part C : Electronics Cooling Methods Industry*”, Faculty of Engineering, Cairo University.
- [10] Arif, Nurul., “*Rancang Bangun Coffee Producting Machine*”, **Tugas Akhir**, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Wijaya Putra, Surabaya, 2012.
- [11] Korniawan, Andri.,dkk., “ *Rancang Bangun Rotary Driyer sebagai Pengering Padi Berbasis Mikrokontroller*”, **Proyek Akhir**, Jurusan Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2009.
- [12] Tahir., “*Solid State Relay*”, **Bahan Kuliah**, Universitas Hasanuddin, Makasar.
- [13] Masimo, B , “*Getting Started With Arduino*”, O'Reilly, New Jersey, 2nd Edition, 2011.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN 1

LISTING PROGRAM

a. Program Arduino IDE

```
.....
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#define BACKLIGHT_PIN 13
LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,2,1,0,4,5,6,7,3,POSITIVE);
#include <DallasTemperature.h>
#include <OneWire.h>
OneWire oneWire (A0);
DallasTemperature sensorSuhu(&oneWire);
float rata2;
int peltier1 = 6;
int peltier2 = 9;
int fan = 8;
int heater = 4;
int pompa1 = 5;
int pompa2= 10;
void setup ()
{
    sensorSuhu.begin();
    lcd.begin(20,4);
    Serial.begin(9600);
    pinMode(peltier1,OUTPUT);
    pinMode(peltier2,OUTPUT);
    pinMode(fan,OUTPUT);
    pinMode(heater,OUTPUT);
    pinMode(pompa1,OUTPUT);
    pinMode(pompa2,OUTPUT);
    delay (1000);
}

void loop()
{
    sensorSuhu.requestTemperatures();
    float Temp1;
```

```
Temp1 = sensorSuhu.getTempCByIndex(0)+0.05;  
float Temp2;  
Temp2 = sensorSuhu.getTempCByIndex(1)+ 0.11;  
float Temp3;  
Temp3 = sensorSuhu.getTempCByIndex(2)+0.61;
```

```
if (Temp1>0&&Temp2>0&&Temp3>0)  
{ rata2= (Temp1+Temp2+Temp3)/3;  
}
```

```
Serial.println("Temp1 = ");  
Serial.println(Temp1);
```

```
Serial.println("Temp2 = ");  
Serial.println(Temp2);
```

```
Serial.println("Temp3 = ");  
Serial.println(Temp3);
```

```
Serial.println("rata2 = ");  
Serial.println(rata2);
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print(" Temp1:");  
lcd.print( sensorSuhu.getTempCByIndex(0)+0.05);  
lcd.print (" C");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print(" Temp2:");  
lcd.print( sensorSuhu.getTempCByIndex(1)+ 0.11);  
lcd.print (" C");  
lcd.setCursor(0,2);  
lcd.print(" Temp3:");  
lcd.print( sensorSuhu.getTempCByIndex(2)+0.61);  
lcd.print (" C");
```

```
lcd.setCursor(0,4);  
lcd.print(" rata2:");  
lcd.print( (Temp1+Temp2+Temp3)/3 );  
lcd.print (" C");
```

```

delay(1000);

// kontrol peltier
if (rata2 <24)
{
  analogWrite(peltier1,0);
  analogWrite(peltier2,0);
}
else if (rata2==24)
{
  analogWrite(peltier1,51);
  analogWrite(peltier2,51);
}
else if (rata2>26&&rata2<=30)
{
  analogWrite(peltier1,128);
  analogWrite(peltier2,128);
}
else if (rata2>30)
{
  analogWrite(peltier1,255);
  analogWrite(peltier2,255);
}

// kontrol fan
if (rata2 <24)
{
  digitalWrite(fan,LOW);
}
else
{
  digitalWrite(fan,HIGH);
}

//kontrol pompa
if (rata2 <24 || rata2 >29)
{
  digitalWrite(pompa1,HIGH);
  digitalWrite(pompa2,HIGH);
}

```

```

    }
else
{
    digitalWrite(pompa1,LOW);
    digitalWrite(pompa2,LOW);
}

//kontrol heater
if (rata2 <24)
{
    analogWrite(heater,255);
}
else if (rata2==24)
{
    analogWrite(heater,128);
}
else if (rata2>26&&rata2<=30)
{
    analogWrite(heater,51);
}
else if (rata2>30)
{
    analogWrite(heater,0);
}
}

```

LAMPIRAN 2 DATA SHEET

Technical Specification

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

| | |
|-----------------------------|---|
| Microcontroller | ATmega2560 |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limits) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 54 (of which 14 provide PWM output) |
| Analog Input Pins | 16 |
| DC Current per I/O Pin | 40 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 256 KB of which 8 KB used by bootloader |
| SRAM | 8 KB |
| EEPROM | 4 KB |
| Clock Speed | 16 MHz |

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN**. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V**. The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3**. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND**. Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [attachPin\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial**: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts**: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 19 (interrupt 5), 18 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2). These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM**: 9 to 13. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI**: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED**: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C**: 28 (SDA) and 21 (SCL). Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF**. Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset**. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



radiospares

RADIONICS



Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega48U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega48U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



radiospares

RADIONICS





www.dallassemi.com

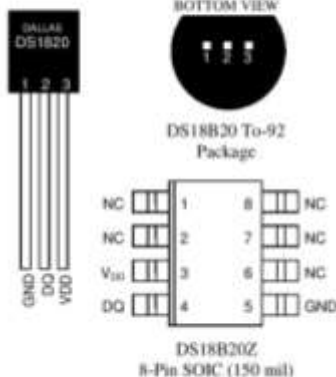
PRELIMINARY

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

| | |
|-----------------|------------------------|
| GND | - Ground |
| DQ | - Data In/Out |
| V _{DD} | - Power Supply Voltage |
| NC | - No Connect |

DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

DETAILED PIN DESCRIPTION Table 1

| PIN 8PIN SOIC | PIN TO92 | SYMBOL | DESCRIPTION |
|------------------|-------------|-----------------|--|
| 5 | 1 | GND | Ground. |
| 4 | 2 | DQ | Data Input/Output pin. For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.) |
| 3 | 3 | V _{DD} | Optional V_{DD} pin. See "Parasite Power" section for details of connection. V _{DD} must be grounded for operation in parasite power mode. |

DS18B20Z (8-pin SOIC): All pins not specified in this table are not to be connected.

OVERVIEW

The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS18B20. The DS18B20 has four main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL, and 4) a configuration register. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS18B20 may also be powered from an external 3 volt - 5.5 volt supply.

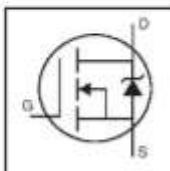
Communication to the DS18B20 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the bus master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS18B20 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS18B20's scratch-pad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of 1 byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS18B20, these registers may be used as general purpose user memory. The scratchpad also contains a configuration byte to set the desired resolution of the temperature to digital conversion. Writing TH, TL, and the configuration byte is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dV/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



$V_{DS} = 55V$
 $R_{DS(on)} = 17.5m\Omega$
 $I_D = 49A$

Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



Absolute Maximum Ratings

| | Parameter | Max. | Units |
|---------------------------|--|-----------------------|-------|
| $I_D @ T_C = 25^\circ C$ | Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 49 | A |
| $I_D @ T_C = 100^\circ C$ | Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 35 | |
| I_{DM} | Pulsed Drain Current ① | 150 | |
| $P_D @ T_C = 25^\circ C$ | Power Dissipation | 94 | W |
| | Linear Derating Factor | 0.63 | W/°C |
| V_{GS} | Gate-to-Source Voltage | ± 20 | V |
| I_{AS} | Avalanche Current ② | 25 | A |
| E_{AS} | Repetitive Avalanche Energy ② | 9.4 | mJ |
| dv/dt | Peak Diode Recovery dv/dt ③ | 5.0 | V/ns |
| T_J | Operating Junction and Storage Temperature Range | -55 to $+175$ | °C |
| T_{SOL} | Soldering Temperature, for 10 seconds | 300 (1.6mm from case) | |
| | Mounting torque, 6-32 or M3 screw | 10 lb-in (1.1N-m) | |

Thermal Resistance

| | Parameter | Typ. | Max. | Units |
|----------|-------------------------------------|------|------|-------|
| R_{JA} | Junction-to-Air | — | 1.5 | °C/W |
| R_{CS} | Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | 0.50 | — | |
| R_{JA} | Junction-to-Ambient | — | 62 | |

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

| | Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|--------------------------------|--------------------------------------|------|-------|------|---------------------|--|
| $V_{(BR)SS}$ | Drain-to-Source Breakdown Voltage | 55 | — | — | V | $V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$ |
| $\Delta V_{(BR)SS}/\Delta T_J$ | Breakdown Voltage Temp. Coefficient | — | 0.058 | — | V/ $^\circ\text{C}$ | Reference to 25°C , $I_D = 1\text{mA}$ |
| $R_{DS(on)}$ | Static Drain-to-Source On-Resistance | — | — | 17.5 | m Ω | $V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 25\text{A}$ ① |
| $V_{GS(th)}$ | Gate Threshold Voltage | 2.0 | — | 4.0 | V | $V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$ |
| g_{fs} | Forward Transconductance | 19 | — | — | S | $V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 25\text{A}$ ② |
| I_{DSS} | Drain-to-Source Leakage Current | — | — | 25 | μA | $V_{GS} = 55\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$ |
| | | — | — | 250 | | $V_{GS} = 44\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$ |
| I_{OSS} | Gate-to-Source Forward Leakage | — | — | 100 | nA | $V_{DS} = 20\text{V}$ |
| | Gate-to-Source Reverse Leakage | — | — | -100 | | $V_{DS} = -20\text{V}$ |
| Q_g | Total Gate Charge | — | — | 63 | | $I_D = 25\text{A}$ |
| Q_{gs} | Gate-to-Source Charge | — | — | 14 | nC | $V_{DS} = 44\text{V}$ |
| Q_{gd} | Gate-to-Drain ("Miller") Charge | — | — | 23 | | $V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 6 and 13 |
| t_{ON} | Turn-On Delay Time | — | 12 | — | | $V_{DS} = 28\text{V}$ |
| t_r | Rise Time | — | 60 | — | ns | $I_D = 25\text{A}$ |
| t_{OFF} | Turn-Off Delay Time | — | 44 | — | | $R_{\theta JA} = 125^\circ\text{C/W}$ |
| t_f | Fall Time | — | 45 | — | | $V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 10 ③ |
| L_D | Internal Drain Inductance | — | 4.5 | — | nH | Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact |
| L_S | Internal Source Inductance | — | 7.5 | — | | |
| C_{iss} | Input Capacitance | — | 1470 | — | | $V_{DS} = 0\text{V}$ |
| C_{oss} | Output Capacitance | — | 360 | — | | $V_{GS} = 25\text{V}$ |
| C_{res} | Reverse Transfer Capacitance | — | 88 | — | pF | $f = 1.0\text{MHz}$, See Fig. 5 |
| E_{AS} | Single Pulse Avalanche Energy ④ | — | 530⑤ | 150⑥ | mJ | $I_{AS} = 25\text{A}$, $L = 0.47\text{mH}$ |

Source-Drain Ratings and Characteristics

| | Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|----------|--|------|------|------|-------|---|
| I_S | Continuous Source Current (Body Diode) | — | — | 48 | A | MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. |
| I_{AS} | Pulsed Source Current (Body Diode) ① | — | — | 160 | | |
| V_{SD} | Diode Forward Voltage | — | — | 1.3 | V | $T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 25\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ ② |
| t_{rr} | Reverse Recovery Time | — | 63 | 96 | ns | $T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 25\text{A}$ |
| Q_{rr} | Reverse Recovery Charge | — | 170 | 260 | nC | $dI/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ ③ |
| t_{ON} | Forward Turn-On Time | — | — | — | | Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_D + L_S$) |

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See Fig. 11)
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 0.46\text{mH}$
 $R_{\theta JA} = 250$, $I_{AS} = 25\text{A}$. (See Figure 12)

- ③ $I_{DS} \leq 25\text{A}$, $dV/dt \leq 200\text{V}/\mu\text{s}$, $V_{DS} \leq V_{DS(ON)}$,
 $T_J \leq 175^\circ\text{C}$

- ④ Pulse width $\leq 400\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.

- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.

- ⑥ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

Triacs

BT139 series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

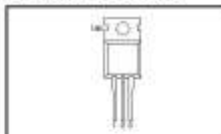
QUICK REFERENCE DATA

| SYMBOL | PARAMETER | MAX. | MAX. | MAX. | UNIT |
|---------------------|--------------------------------------|------------|------|------|------|
| V_{DRM} | Repetitive peak off-state voltages | BT139-500 | 600 | 800 | V |
| | | BT139-500F | 600F | 800F | |
| | | BT139-500G | 600G | 800G | |
| $I_{\text{T(RMS)}}$ | RMS on-state current | 16 | 16 | 16 | A |
| I_{TSM} | Non-repetitive peak on-state current | 140 | 140 | 140 | A |

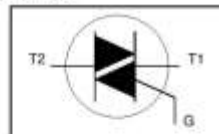
PINNING - TO220AB

| PIN | DESCRIPTION |
|-----|------------------|
| 1 | main terminal 1 |
| 2 | main terminal 2 |
| 3 | gate |
| tab | main terminal 2' |

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | MAX. | | | UNIT |
|---------------------|--|--|------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------|
| V_{DRM} | Repetitive peak off-state voltages | | - | -500 500 ¹ | -600 600 ¹ | -800 800 ¹ | V |
| $I_{\text{T(RMS)}}$ | RMS on-state current | full sine wave; $T_{\text{J}} \leq 99^\circ\text{C}$ | - | 16 | | | A |
| I_{TSM} | Non-repetitive peak on-state current | full sine wave; $T_{\text{J}} = 25^\circ\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$ $t = 16.7\text{ ms}$ $t = 10\text{ ms}$ | - | 140 | | | A |
| P_T | P_T for lusing | | - | 150 | | | A |
| dI_T/dt | Repetitive rate of rise of on-state current after triggering | $I_{\text{T}} = 20\text{ A}$; $I_{\text{G}} = 0.2\text{ A}$; $dI_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$ | - | 98 | | | A/s |
| I_{GM} | Peak gate current | T2- G+ T2- G- T2- G- T2- G+ | - | 50 | | | A/ μs |
| V_{GM} | Peak gate voltage | | - | 50 | | | A/ μs |
| P_{GM} | Peak gate power | | - | 10 | | | A |
| P_{AVG} | Average gate power | | - | 2 | | | V |
| $T_{\text{J(ON)}}$ | Storage temperature | over any 20 ms period | - | 5 | | | W |
| $T_{\text{J(ON)}}$ | Operating junction temperature | | -40 | 150 | | | $^\circ\text{C}$ |
| $T_{\text{J(ON)}}$ | | | - | 125 | | | $^\circ\text{C}$ |

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/ μs .

Triacs

BT139 series

THERMAL RESISTANCES

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT |
|-----------------|---|---------------------------|------|------|------|------|
| $R_{\theta JA}$ | Thermal resistance junction to mounting base | full cycle | - | - | 1.2 | K/W |
| $R_{\theta JA}$ | Thermal resistance junction to ambient | half cycle in free air | - | 60 | 1.7 | K/W |

STATIC CHARACTERISTICS

 $T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | TYP. | MAX. | | UNIT |
|----------|---------------------------|--|------|------|------|------|------|
| I_{GT} | Gate trigger current | BT139- $V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$ | | | ...F | ...G | |
| | | T2+ G+ | - | 5 | 35 | 25 | mA |
| | | T2+ G- | - | 8 | 35 | 25 | mA |
| | | T2- G- | - | 10 | 35 | 25 | mA |
| I_L | Latching current | $V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$ | | | 70 | 70 | 100 |
| | | T2+ G+ | - | 7 | 40 | 40 | mA |
| | | T2+ G- | - | 20 | 60 | 60 | mA |
| | | T2- G- | - | 8 | 40 | 40 | mA |
| I_H | Holding current | $V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$ | - | 10 | 60 | 60 | 90 |
| | | T2- G+ | - | 6 | 30 | 30 | 60 |
| V_T | On-state voltage | $I_T = 20\text{ A}$ | - | 1.2 | 1.6 | | V |
| V_{GT} | Gate trigger voltage | $V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A};$ $V_G = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A};$ $T_J = 125^\circ\text{C}$ | 0.25 | 0.4 | 1.5 | | V |
| I_{CS} | Off-state leakage current | $V_D = V_{DRM(max)}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$ | - | 0.1 | 0.5 | | mA |

DYNAMIC CHARACTERISTICS

 $T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | | TYP. | MAX. | UNIT |
|--------------|---|--|------|----|------|------|------------------|
| dV_{GT}/dt | Critical rate of rise of off-state voltage | BT139- $V_{GT} = 67\% V_{DRM(max)}$ $T_J = 125^\circ\text{C}$; exponential waveform; gate open circuit | 100 | 50 | 200 | 250 | V/ μs |
| | | $V_{GT} = 400\text{ V}; T_J = 95^\circ\text{C};$ $I_{T(max)} = 16\text{ A};$ $dI_{GT}/dt = 7.2\text{ A/ms}$; gate open circuit | - | - | 10 | 20 | V/ μs |
| t_{tr} | Gate controlled turn-on time | $I_{GT} = 20\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}$ $I_T = 0.1\text{ A}; dI_{GT}/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$ | - | - | - | 2 | μs |

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MOC3041/D



6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output (400 Volts Peak)

The MOC3041, MOC3042 and MOC3043 devices consist of gallium arsenide infrared emitting diodes optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a Zero Voltage Crossing bilateral triac driver.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115 Vac lines, such as solid-state relays, industrial controls, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

- Simplifies Logic Control of 115 Vac Power
- Zero Voltage Crossing
- $\text{div} \text{ of } 2000 \text{ V}_{\text{VCE}}$ Typical, $1000 \text{ V}_{\text{VCE}}$ Guaranteed
- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives
- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

| Rating | Symbol | Value | Unit |
|--|--------|-------|-------|
| INFRARED EMITTING DIODE | | | |
| Reverse Voltage | V_R | 8 | Volts |
| Forward Current — Continuous | I_F | 60 | mA |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver Derate above 25°C | P_D | 120 | mW |
| | | 1.41 | mW/°C |

OUTPUT DRIVER

| | | | |
|---|-----------|------|-------|
| Off-State Output Terminal Voltage | V_{OHS} | 400 | Volts |
| Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μ s, 120 pulses) | I_{TSM} | 1 | A |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 130 | mW |
| | | 1.76 | mW/°C |

TOTAL DEVICE

| | | | |
|---|-----------|-------------|-------------|
| Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration) | V_{ISO} | 7500 | Vac(pk) |
| Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C | P_D | 250 2.94 | mW mW/°C |
| Junction Temperature Range | T_J | -40 to +120 | °C |
| Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾ | T_A | -40 to +85 | °C |
| Storage Temperature Range ⁽²⁾ | T_{STG} | -40 to +150 | °C |
| Soldering Temperature (10 s) | T_L | 260 | °C |

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended devices for future use and best overall value.

Global Operations is a trade mark of Motorola, Inc.

(Replaces MOC3040/D)

MOC3041
(IFT = 15 mA Max)
MOC3042
(IFT = 10 mA Max)
MOC3043*
(IFT = 5 mA Max)

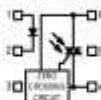
* Motorola Preferred Device

STYLE 8 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 736A-06

COUPLER SCHEMATIC



1. ANODE
2. CATHODE
3. COMMON
4. MARK TERMINAL
5. SUBSTRATE
6. MARK TERMINAL



MOC3041 MOC3042 MOC3043

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

| Characteristic | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|--|----------------|------|------|---------------|------------------|
| INPUT LED | | | | | |
| Reverse Leakage Current ($V_R = 6\text{ V}$) | I_R | — | 0.05 | 100 | μA |
| Forward Voltage ($I_F = 30\text{ mA}$) | V_F | — | 1.3 | 1.5 | Volts |
| OUTPUT DETECTOR ($I_F = 0$ unless otherwise noted) | | | | | |
| Leakage with LED Off, Either Direction (Rated $V_{CE}/V_{CE0}^{(1)}$) | $I_{CE(LEAK)}$ | — | 2 | 100 | nA |
| Peak On-State Voltage, Either Direction ($I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$) | V_{TM} | — | 1.8 | 3 | Volts |
| Critical Rate of Rise of Off-State Voltage ⁽²⁾ | dv/dt | 1000 | 2000 | — | V/ μs |
| COUPLED | | | | | |
| LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3 V ⁽²⁾) | I_T | — | — | 15 10 5 | mA |
| Holding Current, Either Direction | I_H | — | 250 | — | μA |
| Isolation Voltage ($I = 0\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$) | V_{ISO} | 7500 | — | — | Vac(pk) |
| ZERO CROSSING | | | | | |
| Inhibit Voltage ($I_C = \text{Rated } I_C$; MT1-MT2 Voltage above which device will not trigger) | V_{IH} | — | 5 | 20 | Volts |
| Leakage in Inhibited State ($I_C = \text{Rated } I_C$; Rated V_{CE0} , Off State) | $I_{CE(ISO)}$ | — | — | 500 | μA |

- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- All devices are guaranteed to trigger at an I_T value less than or equal to max I_T . Therefore, recommended operating I_T lies between I_T (15 mA for MOC3041, 10 mA for MOC3042, 5 mA for MOC3043) and absolute max I_T (50 mA).
- This is static dv/dt. See Figure 7 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_A = 25^\circ\text{C}$

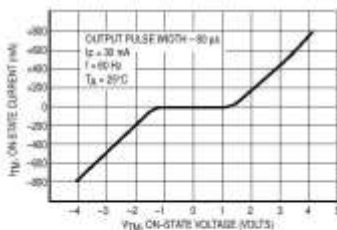


Figure 1. On-State Characteristics

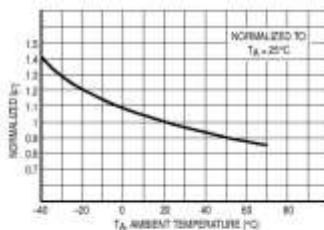


Figure 2. Trigger Current versus Temperature

-----Halaman sengaja dikosongkan-----

LAMPIRAN 3 DOKUMENTASI

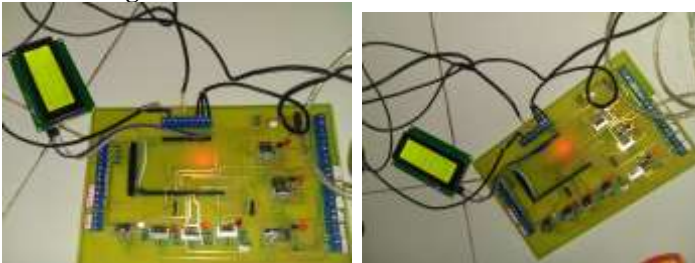
a. Survei POKDAKAN Mina Guo Sidoarjo



b. Survei POKDAKAN Mojokerto



c. *Shield* Rangkaian Kontrol



d. Pengujian Multisensor DS18B20



e. *Box Pendingin*



f. Tabung Heater



g. Box Kontroler



h. Alat Keseluruhan



-----Halaman sengaja dikosongkan-----

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Lilis Susanti
TTL : Jombang, 29 Mei 1996
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Alamat : Dsn.Marmoyo RT.05
RW.02 Ds.Marmoyo
Kec.Kabuh Kab.Jombang
Telp/HP : 081333587127
E-mail : lilissusanti2905@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

1. 2002 – 2008 : SD Negeri Marmoyo
2. 2008 – 2011 : SMP Negeri 2 Plandaan
3. 2011 – 2014 : SMA Negeri Ploso
4. 2014 – 2017 : Bidang Studi Elektronika Industri, Departemen Teknik Elektro Otomasi, Fakultas Vokasi - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

PENGALAMAN KERJA

1. Kerja Praktek di PT.Daya Mitra Kausar Teknik Utama Surabaya
2. Kerja Praktek di PT. PLN (Persero) Rayon Embong Wungu Surabaya

PENGALAMAN ORGANISASI

1. Staff Biro Keumatan Departemen Badan Pelayanan Umat Jama'ah Masjid Manarul Ilim ITS 2014-2015
2. Staff Departemen Kaderisasi BSO LDJ Salman Al-Farisi D3 Teknik Elektro ITS 2014-2015
3. Staff Unit Bisnis Koperasi Mahasiswa ITS 2014-2015
4. Ketua Kemuslimahan BSO LDJ Salman Al-Farisi D3 Teknik Elektro ITS 2015-2016

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----